

تاريخ العلوم العام

العلم الحديث

به تاتون

عيلي مقلد



00059005

Bibliotheca Alexandrina

تَارِيخ
الْعُلُومِ الْعَامِ
الْعِلْمُ الْحَدِيثُ

تَارِيح الْعُلُومِ الْعَامِ

المجلد الثاني
العلم الحديث

من سنة 1450 إلى سنة 1800 م

بإشراف
رنيه تاتون
ترجمة
د. علي مقلد

 **المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع**

بيروت - الخميس - شارع اصل الله - طابق سلاط

هاتف: ٨٠٧٦٦٨ - ٨٠٧٦٦٧ - ٨٠٧٦٦٩

بيروت - المصطبة - ساحة طاهر - هاتف: ٣٠١٠٣٠ - ١١٣٩٠

من: ب. ١٣١١ / ١١٣ / ١١٣٠ - ١١٣٠ - ١١٣٠



الكتاب لاند والطباعة والتوزيع

القاهرة - المادي الجديدة - ٦٦ شارع النصر - هاتف: ٢٣٠٨ - ٢٣٠٨

سجل: ١٠٦٨٩ / بطاقة عربية ١٢٩٧٨

الْعِلْمُ الْحَدِيثُ

هذا الكتاب ترجمة

HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE RENÉ TATON

Directeur scientifique au Centre national de la Recherche scientifique

TOME II

LA SCIENCE MODERNE

(DE 1450 A 1800)

par

E. BAUER, Y. BELAVAL, G. CANGUILHEM, C. CHAGAS, J. CHESNEAUX, I. B. COHEN,
P. COSTABEL, Fr. DAGOGNET, M. DAUMAS, A. DAVY DE VIRVILLE, P. DELAUNAY,
R. DUGAS, L. DULIEU, J. FILLIOZAT, R. FURON, M. D. GRMEK, É. GUYÉNOT,
L. HALPERIN DONGHI, G. HAMAMDJIAN, J. ITARD, A. KOYRÉ, R. LAMONTAGNE,
R. LENOBLE, J. F. LEROY, J. LÉVY, Ch. MORAZÉ, J. NEEDHAM, J. ROGER, E. ROSEN,
J. ROSTAND, J. TATON, R. TATON, A. TÉTRY, J. THÉODORIDÈS, M.-A. TONNELAT,
G. WALUSINSKI

DEUXIÈME ÉDITION REPOUNDUE ET AUGMENTÉE

© PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

المقدمة

في حين يرسم المجلد الأول من هذه المجموعة تطور العلوم في مختلف الحضارات منذ البدايات حتى أواخر الحقبة الوسيطة ، لا يعالج هذا المجلد إلا حقبة أقصر ، تمتد تقريباً ، من منتصف القرن الخامس عشر حتى نهاية القرن الثامن عشر .

هذا اللاتوازن يمكن تبريره بسهولة ، فالمرحلة من تاريخ العلم التي ندرسها في هذا المجلد تتوافق في معناها العميق ويغنى محتواها ، مع الحقبة الأكثر حساساً في كل تاريخ الفكر العلمي ، في أوروبا الغربية ، انطلاقاً من عصر النهضة ، من المؤكد أن علماء القرن السادس عشر وحتى علماء القرن السابع عشر ، قد تأثروا بالفكر الأغريقي وبالفكر المدرسي (سكولاستيك) الوسيطي وقد شكل قسم مهم من جهدهم إعادة كشف ودراسة أكثر وعياً لنصوص العصور القديمة والقرون الوسطى . وعلى كل إن الظروف الجديدة الناتجة عن اختراع المطبعة ، وكذلك حركة الفضول الواسعة التي سببتها الرحلات الاستكشافية الكبرى وتراخي الروابط التي تجمع العلم إلى الفلسفة وإلى اللاهوت ، قد أدت إلى نشأة عقلية جديدة هي في أساس العلم الحديث .

وإذا كانت بعض الحقب ، كبدايات العهد الاسكندري ، قد عرفت ازدهاراً قوياً ، فإن هذه القفزة قد ظلت محدودة دائماً في الزمن ولم تشمل مجمل المجالات العلمية . وبالمقابل فإن الجهد الجريء والمميز لعلماء النهضة الأوروبيين ، قد جدد العقلية في مختلف قطاعات العلم ، وبذات الوقت دفع التقدم العلمي في حركة لا مرد لها أخذت تنتشر وتنتشر عبر العصور التالية .

وتبرر الأصالة العميقة والأهمية التاريخية لهذه الحركة ، بأن واحد العدد الكبير من الاكتشافات المحققة ، كما تبرز المكانة التي منحناها لدراسة التطور العلمي الأوروبي خلال هذه القرون الثلاثة والنصف التي امتدت منذ تدهور الحضارة الوسيطة حتى نهاية عصر الأنوار . إن بعض الفصول المخصصة للحضارات خارج أوروبا تتيح لنا أن نحدد ، بالمقارنة ، وتدهور بعض العلوم التقليدية ، وبذات الوقت انتشار العلم الغربي الجديد بصورة تدريجية .

إن عزل هذا العلم الحديث عن العلم المعاصر في القرنين التاسع عشر والعشرين والذي سيكون

موضوع المجلد الثالث قد يبدو مصطنعاً ، وعلى كل يتوافق هذا الفصل ، المفروض علينا لأسباب مادية ، وعلى صعيد الأفكار والوقائع ، مع انشقاق واضح نوعاً ما . فبعد بزوغ عصر النهضة ، أخذ القرن السابع عشر يطرح مبادئ العلم الحديث ويحقق تقدماً ضخماً في مجالات العلم النظرية . أما القرن الثامن عشر فبعد أن أخذ يد بصورة تدريجية هذا التجديد ليشمل مختلف فروع علم الفيزياء وبعض قطاعات علوم الحياة ، أخذ ، محفوراً بإيمان قوي بقيمة العلم ، يستثمر بصورة منهجية انجازات القرن السابق . وقد شهد القرن الثامن عشر ، وهو مقرون ، تبعاً للمجالات ، بجهد متعب أو بالافتتاح مجالات جديدة في البحث ، تبدلاً عميقاً في وجهة النظر ، فيما يتعلق بمعنى العلم وبدوره الاجتماعي .

إن نعيم المناهج الجديدة في التعليم والبحث ، وتعدد المختبرات ، وظهور المجالات العلمية المتكاثرة باستمرار والمتخصصة ، وكذلك تطبيق الاكتشافات المتزايدة في كل المجالات ، كل ذلك اعتبر من العوامل الأساسية في هذا المنعطف الحاسم ، أن القرن التاسع عشر والقرن العشرين بعد معارضتهما المفهوم الجمالي المنطقي لدور العلم الذي كان مقبولاً بوجه عام حتى ذلك الحين ، استمر في إعطاء الأهمية البالغة للبحث الجذري ، وشاهدنا التقدم العلمي يصعب ، عن طريق التقنيات ، أحد أهم العوامل الرئيسية في تطور البشرية .

أن اتساع المجال الذي يجب استكشافه ، والتقنية البالغة التي يجب تقديم نتائجها أو تفسيرها قد فرضتا ، في هذا الكتاب ، تدخل كتاب عديدين ومتخصصين ، والتجزئة النسبية التي نتجت عن ذلك ترتدي سمة مصطنعة ، فغالبية العلماء في هذه الحقبة قد اهتمت بمجالات متنوعة تبدو عند البحث بها ، ذات وشائج وثيقة وقوية ، من ذلك مثلاً أن دراسة أعمال وتأثيرات مفكرين وعلماء مثل نيكولاي دي كوي N. de Cues ، وليونارد دافنشي Léonard Devinci أو باراسلس Paracelse أو غاليليه Galilée أو ديكارت Descartes أو نيوتن Newton أو ليبنتز Leibniz ، توزعت بين عدة فصول بدلاً من أن تجمع في تركيبة شاملة ؛ ونعتقد على كل حال أن هذا الخطأ قد عوض في معظمه في الفصول المداخل ، وكذلك في الإحالات المتعددة التي تتيح ربط مختلف أوجه ذات العقيدة أو ذات الموضوع . ودون التكرار للاعتراضات على التقسيمات المعتمدة - وهي تقسيمات مدروسة سببها الرغبة في مراعاة الفواصل الزمنية ، أكثر ما يمكن ، وكذلك الرغبة في اعتماد خطة تعكس ، بالنسبة إلى كل حقبة مدروسة ، وبأن واحد ، بنيتنا الحديثة والإنجازات العامة التي كانت للعلم في حينه - إننا نؤمن أن أية خطة أخرى سوف تلاقي انتقادات مماثلة أن لم تكن أقوى وأشد . وكذلك أيضاً من المستحيل أن تعكس لائحة المضامين مهما كانت موسعة ، كل تعقيدات التاريخ الحي .

وربما يكون من المفيد التذكير بأن هذه الدراسة تستبعد بآني واحد تاريخ العلوم الإنسانية وكذلك تاريخ التقنيات ، ومن جراء هذا ، لا تعالج في هذا الكتاب الزراعة والصناعة الكيميائية ، والصناعة النسيجية ، والتعدين ، وفن المناجم ، وتقنية البناء ، والميكانيك التطبيقي ، والحساب الميكانيكي ، وعلم الخراط والطوبوغرافيا والميتورولوجيا الخ . وإذا كنا قد أشرنا إلى العلاقات العديدة

بين تطور العلوم الخالصة وتقدم التقنيات فقد استطعنا بفضل نشر مؤلفات موازية وتكميلية في التاريخ العام للتقنيات ، ان نخفض هذه البحوث الى ما هو ضروري ، ولا يشكل ادراجنا تاريخ الطب ضمن برنامجنا خروجاً عن هذه القاعدة ، إذا كان الطب ، في موضوعه ، يعني العناية بالبشر ، فإن غو مرتبط تماماً بنمو البيولوجيا فلا ينقسم عنها .

ونذكر أيضاً بان وجود سبعة مؤلفات في « تاريخ الحضارة العام » قد أتاح لنا ان نختصر في وصف الإطار السيماسي والفلسفي والإقتصادي والاجتماعي . إن تحليل المراحل الاساسية لتطور العلوم قد أفاد من البحوث غير الموسعة . والتقسيمات التاريخية التي قمنا بها والتي بدت ضرورية لتوضيح العرض يجب أن لا تؤخذ على أنها إخلال أو إهمال . فاختيارها قد تم ودرس دراسة خاصة في كل مجال . والأساس في عملنا التوثيقي والتنسيقي قد توجه نحو إقامة استمرارية نسبية .



ان هذا المؤلف ، مثل المجلد السابق هو حصيلة التعاون الوثيق المخلص بين عدة مؤلفين ارتضوا عن قناعة الخضوع لانتظام اقتضاه انجاز هذا العمل . ونتوجه بالشكر المخلص اليهم وإلى كل المتعاونين المتطوعين الذين ساعدونا بنصائحهم أو الذين شاركوا في عملية المراجعة .

والطبعة الثانية من هذا المؤلف قد روجعت ويومت من قبل مختلف المؤلفين . كما عدلت فصول كثيرة ووسعت في بعض الأجزاء .

هكذا وبصورة خاصة فقد وسّعت دراسة علوم الحياة في مختلف الحقب وأعيد ترتيبها . وقد استفدنا في هذه المراجعة ، ومن اجل كتابة الفصول الاضافية من معونة عشرة من المؤلفين الجدد نشكرهم على معونتهم الغالية وقد استفدنا أيضاً من التجربة التي حصلنا عليها عند انجاز المجلدات الأخرى ومن آراء واضعي التقارير المعلقين . ومن القراء النابيين .

وهناك عناية خاصة أوليناها للملحقات المستندية التي تسهل استعمال مثل هذا الكتاب وعلى هذا فقد روجعت الفهارس الدلائل بعناية واستكملت كما أن مراجع الكتب قد روجعت وزيدت وربّبت بشكل منهجي خالص .

رينيه تانون

القسم الأول :

النهضة

ان المقتطفات التي ادخلناها من اجل تحديد هذا القسم الاول ترتدي جزئياً طابعاً اصطناعياً . ان عبارة « النهضة » قد توقع في الوهم كما تستدعي الانتقاد أما حدود هذه الحقبة فمعناها نسبي خالص .

ومع ذلك لا يمكن الإنكار ان القرن ونصف القرن الذي يفصل مدرسي بداية القرن الخامس عشر من أوائل الممثلين الحقيقيين لعلم القرن السابع عشر : فيات Viète ، جيلبرت Gilbert ، غاليليه Galilée ، كبلر Kepler ، باكون Bacon وهارفي Harvey ، يشكلون حقبة خصبة وضرورية من اجل صياغة العلم الحديث . لا شك أن كلمة « النهضة » يجب أن لا تؤخذ في معنى مطلق خالص . والتركيز على نجاح حركة الأنسنة ، وعلى دور المطبعة ، وعلى استعادة المصادر القديمة ، وأخيراً على دراسة « الطبيعة » بشكل مباشر قريب ، يجب أن لا ينسي مصادر التقدم الأخرى أو الجمود ، وضخامة وقع الاكتشافات الكبرى ، والنهضة الحية لأشياء العلوم ، وغنى وغموض التركة الوسيطة ، والاهتمامات التقنية ونتائج « الإصلاح الديني » الحسنة أو العقيمة . بعد هذه التحفظات ، تبدو هذه الحقبة بأن معاً غنية وأسرة ، في انتاجها الوافر الذي يمزج التجديدات الأكثر خصباً بالتطورات الأقل عقلانية ، إن النهضة ما تزال حقبة انجراف وراء الحركة الموسوعية . ولهذا فالتقسيمات التي اضطررنا الى إدخالها على مختلف العلوم ، لا تمهد لها مبررات رئيسية ، في غالب الأحيان ، إلا في تسهيل العرض باستخراج الخطوط الكبرى للتقدم ، إنطلاقاً من واقع مبهم غالباً .

علوم عصر النهضة

لقد ولى الزمن الذي كان فيه المؤرخون يعتبرون القرن السادس عشر وكأنه اللحظة التي عملت « نهضة الأداب » فيها على تخلص « الغرب » من « ظلمات » القرون الوسطى . ولكن المؤرخ - وان تخلص من هذه الرؤيا المأساوية وان أصبح أكثر احساساً باستمرارية التاريخ الفكري وبأصواء القرون الوسطى وبظلال عصر النهضة - يبدو متعباً في استخلاص تيارات القوى ، والاتجاهات الكبرى

في الفكر المعقد الكثير الأشكال السائدة في حقبة كان فيها كل شيء ممكناً ، وحيث تبدو الفوضى هي القاعدة ، واللاتنظيم هو شرط التقدم .

وخرجت أوروبا من القرون الوسطى مشحنة مثقلة بحروب إيطاليا وبحرب الثلاثين سنة ، وبالمواجهة بين الدول التي اكتشفت ذاتها ، عبر تفتت المسيحية والصراعات الاجتماعية والدينية . والأمر الملحوظ ، انها وعت ذلك . واعطتها العودة الى الكتاب القدامى الشعور انها اتصلت ، بقفزة واحدة ، بأعلى درجة من درجات الثقافة التي وصل اليها الغرب . واقنعها اكتشاف العالم الجديد ، واختراع المطبعة وبارود المدافع ، وامتلاك الحقيقة الانجيلية انها قد تقدمت وتفوقت على هؤلاء المعلمين الذين نالوا اعجابها . وفي منتصف القرن السادس عشر اصبح بالامكان الكلام عن « نهضة » منتصرة عرفت كيف تخلف للأجيال اللاحقة الصورة التي اعطتها عن ذاتها .

الارث الوسيطى : ولكن هذه النهضة مدينة بالكثير للقرون الوسطى التي تحتقر ، وبصورة خاصة تجهيزها الفكري . ان الجامعات الأوروبية كانت ما تزال صغيرة ، في معظمها . والكثير منها لم يكن قد بلغ المئة سنة في الوجود ، في فجر القرن السادس عشر ، حين سارع الأمراء البروتستانت في ألمانيا الى تأسيس جامعات جديدة : ' لا شك أنهم لم يعتبروا النظام متعباً وعتيقاً بالشكل الذي قال عنه لوثر Luther . أن التلامذة في القرن 16 أخذوا عادة السفر للاستماع الى المعلمين المشهورين عن تراث القرون الوسطى . ومن هؤلاء المعلمين غسner Gesner . في مونبليه وباراسلس Paracelse في فرايز ، وفيزال Vésale في باريس ، وكوبرنيك Copernic في بولونيا وغيرهم الكثير حتى مطلع القرن السابع عشر .

لا شك أنه كان لا بد من تحولات : كان لا بد من رفع رواتب وكرامة معلمي علم البيان ، كما في ألمانيا وإيطاليا ، وإيجاد فرع لعلم الفلك وفرع للرياضيات ، وتعيين معيدين ملكيين لجامعة باريس القديمة العتيقة ، وفي نفس هذه الكليات الباريسية التي حفظ عنها اراسم Érasme ذكرى سيئة جداً ، استطاع فرنل Fernel ، بعد عدة سنوات أن يلتقي ماتورين كورديير Mathurin Cordiere أو اينياس دي لويولا Ignace de Loyola . واليها جاء فيزال Vésale يستمع الى جياك دويوا سيلفوس Jacques Dubois - Sylvius ، قبل أن يذهب بنفسه ليعلم في بادوكغيره من الأطباء الكبار في عصره ، الذين كانوا يعلمون في جامعات أخرى . وعلم القرن السابع عشر هو الذي تخلى ، وليس في كل أوروبا أيضاً ، عن النظام الجامعي الموروث عن القرون الوسطى ، لا علم « النهضة » ، أما العلم غير الجامعي ، علم « الفنانين » والمهندسين والمهندسين المائنين (هيدروغراف) ومهندسي العمارة ، فلم ينتظر القرن السادس عشر لينمو وليستفيد من حماية ورعاية الأمراء . وطيلة القرن الخامس عشر ألف تكاثر المشاريع المدنية والعسكرية الكبرى ، وكذلك نشر المعالجات المتخصصة ، الأفكار مع هذه الآلات المبتكرة التي حلم بها ليونارد دافنشي Léonard de Vinci منذ مدة طويلة ، ومن الثابت ان اختراع المطبعة الذي ساهم بدون شك في الانتشار السريع للفكر الجديد ، لم يلعب أي دور في ظهوره . ان المؤلفات

الكبرى في العلم الوسيط هي التي خرجت الأولى من المطابع : اسفار (سفايرا Sphaera) ساكروبووسكو Sacrobosco (النصف الأول من القرن الثالث عشر) طبعت في فراي سنة 1472 واعيد طبعها عدة مرات ، أناتوميا Anatomie (علم التشريح) موندينو دي لوزي Mondino dei Luzzi (ظهر سنة 1316) وأعيد طبعه سبع مرات قبل سنة 1500 ، القانون لابن سينا Canon d'Avicenne (ت 1037) و « شذرات الذهب » (أو يسكول Opusculs) للرازي Rbazés (ت 924) ، وكل منها طبع أربع عشرة طبعة قبل نهاية القرن الخامس عشر .

ويبدو من الصعب ان نعزو الى سقوط القسطنطينية ، والى مجيء العلماء والمخطوطات اليونانية الى إيطاليا ، تلك الاهمية الحاسمة التي ظلت لمدة طويلة تنسب اليها . فقد كان بترارك Pétrarque المتوفى سنة 1374 ، يدعو دائماً للعودة الى البيان القشيري ، ومنذ 1396 كان مانويل كريزولورا Manuel Chrysoloras يعلم الأغريقية الكلاسيكية في فلورنسا ، وظهرت التيارات الكبرى النهضة ، أي التي عملت الى حد بعيد على تحديد طبيعة النشاط العلمي في القرن السادس عشر ، بصورة تدريجية في القرن الرابع عشر والخامس عشر ، انها ثمرة تطور بطيء في المجتمع وفي الفكر الوسيط ، وليست نتيجة حدث تاريخي مفاجئ .

من العقلانية الى الفردانية :

ابتداء من القرن الثالث عشر على الأقل ، تجسدت الفلسفة في أعمال « ارسطو » ، الذي ظلّ لمدة خمسة قرون ، سيد الفكر في أوروبا الغربية . ولكن اماره فيلسوف وثني على الفكر المسيحي لم تمرّ بدون مصاعب خطيرة ، ظهرت عقب القرن الرابع عشر ، صبيحة التركيب الكبير الذي حاول أن يقوم به القديس توماس الأكويني Thomas d'Aquin ، الذي قرى بحساس أكبر وأكثر من « ارسطو » وذلك في ضوء تأويلات ابن رشد Averroës . وتطلعت الرشدية بعد الحكم عليها سنة 1270 ، بنظرية « الحقيقة المزدوجة » التي تفصل جذرياً الفلسفة عن « الوحي » . واستخدمت على الأقل لتمدد لأرسطية دقيقة نوعاً ما ، رغم ما فيها من الميل نحو التجسيد ، حتى القرن السابع عشر بواسطة بومبونازي Pomponazzi ومدرسة بادو Padoue . وتشهد أعمال فرنل Fernel (سينزاليو Cespino ، وفابريكو داكوابندني Fabricio d'Acquapendente ، فيما يتعلق بالفيزيولوجيا البشرية والحيوانية والنباتية ، بهذا التأثير الدائم للعقلانية الأرسطية على مدى القرن السادس عشر ولكن رفض العلم الحديث من قبل سيزار كريمونيني Cesare Cremonini وهو آخر ممثل لمدرسة بادو Padoue ، والمتوفى سنة 1631 ، والذي كان مع ذلك صديقاً لغاليلي Galilée ، هذا الرفض يدل على أن الأرسطية لم تؤدي إلى أي مكان .

وإذا كانت الرشدية قد استمرت ، فقد لاقت شجياً متكرراً وانتقاصاً دائماً ، سرعان ما أصابها مجمل العقلانية الأرسطية . وقام أوكهام Ockham بنادي ، ضد المعرفة الشاملة والعقلانية التي تنادي بها الأوسطية ، بفكرة المعرفة الاستقرائية الحديثة والتجريبية للواقعة الفردية ذات الوجود الحقيقي

الوحيد ، وذلك منذ بداية القرن الرابع عشر . هذه المواقف ساعدت على نمو علم قائم على ملاحظة الأشياء لا على التحليل العقلي المسبق . كما كانت ترضي أيضاً الكثير من علماء الدين المدرسين الذين أخافتهم رؤية الايمان المسيحي يصبح فريسة المناطقة المدرسين . ومنذ فجر القرن الرابع عشر فتح المعلم اكهارت Maître Eckhart سلسلة الصوفيين الكبيرة الذين سوف يتتالون طيلة أربعة قرون ، في رينانيا والفلندر وأسبانيا وفرنسا ، هذه السلسلة التي عادت الى القول بالاتحاد المباشر بين النفس والله ، وبذات الوقت بالمواضيع الكبرى التي تطرحها المسيحية المطعمة بالافلاطونية الحديثة . ويعتبر توماس كيمبس Thomas a Kempis ، مؤلف محتمل لكتاب « على حب يسوع المسيح » ، بوضوح عن احتقاره لخصومات المدارس . أما بيتاركة Pétrarque ، فدون أن يرتفع الى هذه الذرى ، لعن الجدليين الآتين من الشمال أي من جامعة باريس . وفرح بيتاركة Pétrarque بملاقاة القديس اوغسطين Augustin كمعلم بليغ وكمرشد روحي . فمن أجل الخلاص ، المهم وحده ، بدلاً من أن يكون المرء واقعياً أو اسمائياً (حروفياً) ، عليه أن يكون قارئاً « للأباء » وللإنجيل وأيضاً لشيشرون أو سينيك Cicérou ou Sénèque . فمن كوليشو سالوتاتي Coluccio Salutati (ت 1406) حتى مارسيل فيسين Marsile Ficin (ولد سنة 1433) ، سادت الرغبة في حياة حكيمة ومسيحية بعيدة عن النزاعات البربرية عند المدرسين ، ومؤدية الى الأخلاقيين والحكماء العصور القديمة . ولكن هذا الأمر طرح مسائل أخرى لأن فيرجيل او شيشرون Virgile ، Cicéron لم يكونا مسيحيين أكثر من « أرسطو » .

والشيء الواضح وراء كل هذا التطور هو التقدم في مجال الرؤية الفردانية في العالم . وأخذ شعور الإنسان يتناقض من جهة عضويته اللازمة بالجماعة ، في حين أخذ شعوره يزداد بفرديته تجاه الله وتجاه الطبيعة . وفي سنة 1336 حدد البابا بينو Benoit الثاني عشر الحساب الخاص المكتوب على كل نفس أن تواجهه بمفردها عند الموت . وقد ظل مجمع فلورنسا حتى سنة 1438 يناقش هذا الأمر أيضاً . وأصبح الخلاص الشخصي هو المهم الشاغل عند الانسان المؤمن .

واصبحت التجربة الشخصية للإيمان ، وحتى الوجد الصوفي ، والتأمل الذاتي للنصوص ، أكثر أهمية من سلطان العقل الطبيعي في مواجهة سر التثليث . وما هو حق في الحياة الدينية أصبح صالحاً في الحياة المدنية . ولم يعد التفكير التجريدي حول الأنواع والأجناس له وزن كبير أمام التجربة المباشرة والفردية للأشياء ؛ « يجب ان نعيش الحياة والعالم كما يجب أن نعيش إيماننا » . وحاولت العقلانية التجريدية ان تجمع الأفكار في حقيقة شاملة كونية ، وميزت الفردانية التجربة الذاتية ، والالهام المباشر وغير القابل للاعلان عنه ، واللقاء المباشر مع الواقع المحدد . وسرعان ما تم تفضيل الإحساس والعمل على المعرفة العقلانية ، وتوسع الفرد على البحث الجماعي عن الحقيقة ، وسوف تزدهر هذه الفردانية الكاملة في الفكر النهضوي تدعمها الظروف التاريخية والاقتصادية والسياسية .

عزلة العالم : ربما يبدو لنا علماء عصر النهضة الكبار ، بفضل معرفتنا لهم أكثر من معرفة زملائهم بهم ، شخصيات أقوى وأكثر حساساً ، لدرجة القفاظة أحياناً . لا شك أن علماء القرون الوسطى لم يكونوا معتكفين في جامعاتهم

أو في أديرتهم ، إذ كان فيهم بعض الجوالين المشهورين . ان امثال كورنيلوس أغريبا Cornelius Agrippa وجيوردانو برونو Giordano Bruno ، مروراً بفزال Vésale وبارسيلس Paracelse أو كاردان Cardan وغيرهم الكثير كانوا علماء جوالين ، لا يستطيعون الاستقرار ، ولا الثبات ، يحرقون كل شيء ، ومستعدين لمخاصمة ملك أو مدينة أو كلية أو أمير اسقف ، كما كانوا دائماً متحيزين للذهاب إليها كان . وانتهى الأمر بالثابتين المستقرين الى الخضوع للإكراه أو للإغراء : ان تيكوبراهي Tycho Brahé انتقل من بلاط ملك الدانمرك الى بلاط الأباطور ، اما ليونارد دافنشي Leonard de Vinci فقد جاء ليموت في امبواز . ولكن العالم وان لا في وطنه ، كما فعل كوبرنيك Copernic ، لكي يعيش فيه عيشة مغمورة ، فان عالم عصر النهضة كان رجلاً وحيداً ، قد يكون له حمة ومعجبون وتلامذة ايضاً ، ولكنه لا ينتمي الى طائفة لاسياسية ولا فكرية . انه لا يشكل مدرسة ، ونظراؤه في اغلب الأحيان هم منافسون أو خصوم . ان عدم استقرار حياته بتلاءم مع هجومية فكره الذي يرى في المناظرة الأسلوب الطبيعي للحديث ، والشيعة هي الحجة العفوية الأكثر بدهاة ، ولكن الهجومية فيه هي دليل عزله ، أكثر عما هي سمة اخلاقية طبيعية عنده .

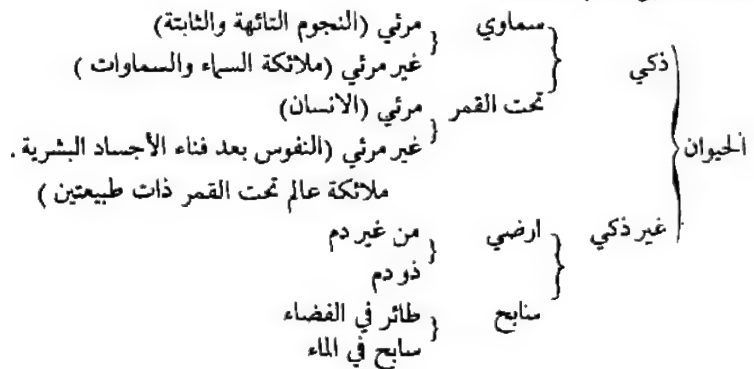
ولكن العلوم قلما اتكلت على انحياز اكثر ملاءمة او على حمة اكثر حماساً . فقد تكاثرت عبر أوروبا المراكز المفتحة على الحياة الفكرية الجديدة . واحب الملوك أن يحيطوا انفسهم بالعلماء والموسوعيين ، ومولوا طباعة الكتب الفخمة ، وأمروا بصنع الأدوات وتجميع المكتبات . وكانت الجامعات تفتح في اغلب الأحيان أبوابها للعلوم الجديدة وللأساليب الجديدة ، وأنشأت كراسي ومنابر ، ومجموعات التاريخ الطبيعي وجنائن للدراسة النباتية . ومكنت المطبعة جمهوراً أكبر من التشقق بالثقافة العلمية . أن عالم القرن السادس عشر لم يكن يحق له الشكوى من التجاهل ومن الاحتقار .

ولكن مغامرة المعرفة هي ، اكثر من أي شيء ، مغامرة مفردة كمغامرة الخلاص ، والانسان ينغمس فيها بكلية . ويرى باراملس Paracelse وفان هلمونت Van Helmont انها مغامرة واحدة ذاتية ، وان معرفة العالم لا تتم بدون صفاء القلب . ولكن غالبية العلماء ، وان لم يصلوا الى هذا الحد ، يتجهجون طريقهم الخاص . فقد وضع ليونارد Léonard ملاحظاته في دفاتر سرية وحماها بكتابة معكوسة ورفض تارتغليا Tartaglia الإفصاح ، أمام كاردان Cardan ، عن اسلوبه في حل معادلة من الدرجة الثالثة . وقام فيزال Vésale وحده وحتى النهاية بمشروع « لافابريكا La Fabrica » الضخم . والى فرنيل Fernel علي نفسه ان يحقق وحيداً استخلاص طب عصره اما تيكوبراهي Tycho Brahé فانكر ان يكون مدينا بشيء لكوبرنيك Copernic ، وأما جاليليه Galilée ، فأراد أن يتجاهل كبلر Kepler الذي اضطر الى انتظار وفاة تيكوبراهي Tycho Brahé للحصول على المعلومات التي كان يطلبها منه . ولا يفسر الحسد والغرور وحب الكتمان كل شيء في تصرفات العلماء . المهم في الأمر أن العالم في القرن السادس عشر لم يكن أمامه ، ولم يكن يريد أن يكون أمامه ، إلا الطبيعة ، وإلا الكمية الضخمة من الوقائع ، على تنوعها الكثير . وقد رفض أن يعترف لأي شخص آخر ، بأن يفسرها مكانه . وقد اعتقد أن لا أحد قبله قد فسر ما على حقيقتها . ولم ينطلق أبداً عما

تم الإجماع على صحته ، كي يتقدم بالعلم ، إذ لا شيء - باستثناء بعض المجالات النادرة - قد تم الإجماع على قبوله . إليه وحده يعود أمر بناء العبارة الكاملة للمعرفة ، مباشرة ، انطلاقاً من مجمل الأحداث . انه الوحيد المسؤول الكامل عن كل شيء ومن يهاجه في أمر تفصيلي يحطم كل عمله ويصبح عدوه .

ولم تؤثر كتلة العلم القديم في قناعته . أولاً لأنه لم يطلب من القدماء ، في أغلب الأحيان ، إلا تقديم الوقائع . ويعتبر بلين Pline ، بدعمه عند الضرورة البير الكبير Albert le Grand أو فانسان بوثيه Vincent de Beauvais مرجعاً لا ينضب بهذا الشأن . فالحدث المقروء في كتاب له نفس القيمة التي للحدث المراقب على الطبيعة . والرأي المقروء في كتاب ، يصبح هو أيضاً واقعة ، ويكون من الشرعي استخراجها من اطاره واستعماله بحرية تامة . ويتيح الفن الخاص ، فن المذكرات - القائم في الواقع على القيمة المطلقة المعطاة للكلمة - الاستشهاد بمؤلف مع اهمال فكره ، لبناء « علم مسيحي » مثلاً مبني على « التوافق الكامل » بين أبقراط Hippocrate وغاليان⁽¹⁾ Galien أو أفلاطون Platon وأرسطو Aristote او موسى Moise وهرمز ترسيميجيست Hermes Trismégiste . وأخيراً قلنا اعتبز الفكر الأرسطي كعقيدة أكثر مما هو التعبير الأكثر قرباً من الطبيعة عن الحقيقة لأنه كان في ذلك الحين يتحكم في رؤية العالم ، الى درجة أن أولئك الذين يتكبرون مثل باراسلس Paracelse لمنطق « ارسطو » ، لم يتوصلوا الى تنافدي العالم الأرسطي تماماً . أن عالم القرن السادس عشر في اللحظة التي بنو فيها تحت ثقل الأفكار المجلوبة ، والمصنفة بحماس ، هذا العالم كان مقتنعاً أنه يواجه الطبيعة بحرية وبقوة عبقريته فقط .

علم اجمالي شامل : الطبيعة بأكملها ، إذ لا علم بدون الكلية . ان كل جزء من الكون يتجاوب مع الأجزاء الأخرى ، وكل حدث طبيعي يستثير السبب الأول . عندما قدم جان بودان Jean Bodin تصنيفاً للحيوانات بدأ هكذا :



والميل ، الغالياني ربما ، الى التقسيم المسرف كما يبدو عند فرنل Fernel أو فابريكيو داكوا بنديني Fabricio D'Acquapendente يتناول دائماً مادة منسجمة

(1) غالين أو غاليينوس .

وفكرة الانسان الكون الصغير ، المتصل مع كَلية الكون تعبّر عن ذات القنّاعة . ولا يوجد فرق ، أو على الأقل مسافة لا يمكن تجاوزها بين الطبيعة وفوق الطبيعة . ان الله لم يكن خارج الكون : إنه يقذف فيه باستمرار قوى عظمى بواسطة الكواكب . ولم يكن علم النجوم يوماً يمثل هذه المشروعية ولا بقدر هذه الممارسة . وليس من المستحيل ان يكون هذا الشعور العميق بوحدة الخلق قد ساعد على بطلان التمييز الأرسطي بين عالم السماء وعالم ما تحت القمر ، بطلان كان تعدّر بدونه وجود الثورة الفلكية . في نظر كوبرنيك Copernic ، بدون شك ، وبالتأكيد في نظر كبلر Kepler ان الحاجة الى وضع الله في وسط الخلق هي التي حملت على وضع الشمس ، هذه الصورة الإلهية ، في وسط الكون . والعلم يجب أن يكون شمولياً ، لأن كل شيء قائم في الخلق ، ويجب أن يكون عملاً فردياً ، لأن عليه (على العلم) أن يكتشف « مفتاح » الخلق . مما يعني ان العلم ، كما نفهمه ، لا وجود له . ولا توجد كلمة للتدليل على هذا العلم في خصوصيته التي نعهده بها . ان التاريخ والتولوجيا والفيلولوجيا هي عناصر في العلم الكوني .

والعلم ان لم يكن كونياً فهو يسعى لأن يكون موسوعياً . كلنا نعرف البرنامج الذي أعده غارغانتوا Gargantua لابنه بانتاغرويل Pantagruel . ولا تتجاوز ببلوتيكا يونيفر ساليس Bib. liothéca universalis التي وضعها غيسنر Gesner وكتب الدروفاندي Aldrovandi طموحات العلم . ويجب أن يقال كل شيء عن كل شيء وكل شيء موضوع على بساط البحث ، إذ كل شيء له منفعة وكل شيء يرضي فضول العلماء الموسوعيين الساعين وراء الأحداث . إن التحليل بالمثالة الذي يستعمله باراسلس Paracelse باستمرار يمارس عمله براحة تامة في عالم حيث كل شيء قابل للمقارنة رغم أن كل شيء وكل كائن له ذاتيته وله فرديته . عالم يكون فيه المنطق غير مفيد والعقل مضراً ، لأن العلم ، لكونه يميز ويفصل الانسان عن الطبيعة ، فهو يخلق مسافة بين العالم وموضوعه ويمنع الالهام والانسجام اللذين يدعمان المعرفة وحدهما - الهام شامل للكون والهام مباشر بالموضوع هما الوسيلة والهدف من هذا العلم المغاير للثقافة وبالضرورة الفردي وغير القابل للإفشاء لأن « الأصفياء » وحدهم يقدرّون عليه ..

وعلم النهضة في عنوانه النقي تولد عن ثورة ضد الحركة الفكرية الأرسطية . فقد غزا العصور القديمة ليفتش عن شيء يصحح به « أرسطو » أو يعارضه : أن بطليموس Ptolémée ، الأرسطي ، لم يعرف تماماً الا عندما قام كوبرنيك Copernic بدحض أرائه ، باسم الفلكيين الفيثاغوريين . وقد اغتنى علم عصر النهضة بصورة خاصة من فيثاغور Pythagore ومن افلاطون Platon ومن الأفلاطونية الجديدة ، ومن الغنوصية ومن القبالة [التصوف اليهودي] ، وجميعهم قد أعيد طبع كتبهم وترجموا منذ النصف الثاني من القرن الخامس عشر ودرسوا باستمرار : من مارسيل فيسان Marsile Ficin حتى جان بودان Jean Bodin . ولكن هذه الثورة ضد أرسطو قد نمت في مجتمع تعلم كيف يفكر وفقاً « لأرسطو » ويعيش في عالم أرسطو . وإذا كانت الأرسطية قد تعرضت لهجمات بعض

المجددين فانها قد تقوضت من الداخل ببطء . وانه لمنظر عجيب منظر هؤلاء العلماء الأرسطويين الذين اعتقدوا بأنهم ما يزالون مخلصين لمعلمهم ، وانهم يتكلمون لغته في حين انهم يهدمون بصورة تدريجية تماسك فكر لم يعودوا يفهمونه .

وقلما فقد علم عصر النهضة الاهتمام بما هو نافع ، أي الاهتمام بالعمل حتى في أعلى تأملاته الصوفية . وهو بهذا أيضاً أمين للثورة المعادية للفكر والتي كانت سبب وجوده . وقد استخدم تعداد المخلوقات الذي قام به علماء الطبيعة من اجل تشكيل مجموعة طيبة شاملة . أما الإستقراء العميق الذي أوصى به باراسلس Paracelse فقد كشف عن الفضيلة الطبية في الكائنات ، واراد الخيميائي أن يعيد في مختبره العمليات الطبيعية الغامضة ، في الوقت الذي كان يؤكد فيه ان هذه العمليات مستعصية على العقل . وقد ساعد حب الملموس على نبذ نظام «بطليموس» أما حب العمل المباشر فقد كان هو الموجه لنشاطات كل المهندسين العمليين الذين كانوا يهتمون قليلا بارسطو ، ويهتمون كثيراً بالميكانيك المفيد لهم . وظل ليونارد دافنشي Leonard de Vinci أشهر هؤلاء المهندسين ، ولكن ربما كان من الأهم ان نشير ان اثنين على الأقل من الرياضيين الكبار في القرن السادس عشر ، وهما بومبالي Bombelli وستيفن Stevin خرجا من صفوف هؤلاء المهندسين . وهنا ، وربما في هذا المجال فقط ، استخدم المحدثون العلم القديم كأساس وكنقطة انطلاق : فقد وجد إقليدس Euc- lide وديوفانت Diophante وخاصة ارخيدس Archimède ، خلفاءهم الحقيقيين في القرن السادس عشر .

ولكن كان من السابق لأوانه يومئذ أن تستطيع الرياضيات أحلال عقلانية جديدة محل عقلانية ارسطو . في حين أن المظاهر الصوفية لعلم القرن السادس عشر أدت الى رؤية للطبيعة غير عقلانية . أما ميله الى الملاحظة غير العقلانية ، والى الحدث الملموس والى التطبيق العملي فقد ضايق الجهد التجريدي اللازم لكل علم . ومواقف راموس Ramus خير دليل اولى على هذا . وأخيراً بدأ عصر النهضة ، بعد أن ساعد جداً في تدمير النظام القديم وفي اغناء العلم بجملة من المعارف التفصيلية ، عاجزاً عن إيجاد نظام جديد ، وجراً أوروبا الى أزمة من أخطر أزماتها الفكرية في حياتها

إن البقية الباقية والتمينة يومئذ هي الرسالة القديمة عن العلم الفيثاغوري التي أعطاهها غاليلي Galilée معنى جديداً : ان الطبيعة قد كتبت بلغة الرياضيات .

الكتاب الأول :

العلوم الحقة أو المحضة

تنقسم معالجتنا للعلوم الحقة في عصر النهضة الى ثلاثة أقسام : الرياضيات ، علم الفلك ، علم الفيزياء أو الميكانيك ، الذي لا يمكن أن يصنف في تلك الحقبة بين العلوم الحقة الاستباقاً .

وهذا التقسيم مصطنع حتماً : فعلم الفلك مرتبط ، بكل تأكيد بالرياضيات . وبالفيزياء أيضاً . والاسماء نفسها تبرز في أغلب الأحيان في أكثر من فقرة إلا أن هذا التقسيم كان مناسباً عدا عن أنه يمكننا من اكتشاف نوع من التسلسل ، ونوع من المنطق الداخلي في تفاعلية تاريخية تبدو وكأنها غير محفوزة ان لم نتناولها بهذا التقسيم .

وبالفعل ان تأثير العوامل الخارجية الذي يشير اليه المؤرخون أحياناً هو تأثير وهمي خالص . هكذا فإن ظهور المدفع لم يتسبب بولادة علم الديناميك الجديد : بل بالعكس أن تجربة المصنعين هي الصخرة التي تكسر عندها جهد ليونارد دافنشي Leonard de Vinci وتارتاليا Tartaglia وبنيتي Benedetti . والاحتياج الى الملاحة والحساب الكهنوتي وعلم النجوم كان يمكن ، بل كان من الواجب ، أن يحفز لبذل جهود تصحيحية في الجداول الفلكية - وهو أمر لم يحصل - وهذا الاحتياج لم يدفع كوبرنيك Copernic إلى قلب نظام الدوائر الفلكية وإلى وضع الشمس في مركز الكون . ومقتضيات التجارة ، واتساع المبادلات والعلاقات المصرفية عملت بكل تأكيد على نشر المعارف الرياضية الأولية وكذلك على نشر المحاسبة . ولكنها لا يمكن ان تفسر التقدم العظيم الذي احرزه علماء الجبر الايطاليين في النصف الأول من القرن السادس عشر ، ولا الجهد المبذول من اجل « ترميز » العمليات الحسابية والجبرية التي قام بها بصير « كوسيو » (Cossistes) البلدان التي تتكلم الألمانية .

وبالمقابل تبدو الحلقات الثلاث من الأحداث المكونة لتطور الرياضيات وعلم الفلك والفيزياء - إذا نظر إليها بمفردها - وكأنها مفهومة ، وان لم تبد مشروحة ومفسرة - اذ من العبث محاولة تفسير الإختراع أو الإكتشاف . ان تاريخ الفكر العلمي لا يرضى بأقل من هذا ولا يطلب أكثر من هذا .

الفصل الأول : الرياضيات

I - يقظة الدراسات الرياضية

في مجال الرياضيات ، أكمل النصف الثاني من القرن الخامس عشر الحركة التي كانت تملأ النصف الأول - وهي حركة استيعاب كاملة للعلم الوسيطى والعربى من قبل علماء ذلك العصر . وقد اقترنت هذه الحركة بالعودة الى المصادر الاغريقية ، ثم بانتشار هذا العلم الرياضى ، بشكل متزايد في طبقات من الجماهير كانت تتسع أكثر فأكثر .

وقد ساعدت بعض الأحداث على تسريع هذه الحركة : منها سقوط القسطنطينية ، الذي قذف الى ايطاليا بجمهور من العلماء وبكميات من المخطوطات البيزنطية ، واختراع الكتاب الذي أدى الى انتشار النصوص بشكل واسع . لا شك أن الكتب الأولى المطبوعة كانت قليلة الاهتمام بالرياضيات ، والكثير من المؤلفات الموضوعية في منتصف القرن الخامس عشر مثل غالبية كتب نقولا دي كوي - Nico las de Cues وپورباخ Peurbach ثم ريجيومونتانوس Regiomontanus ، لم يطبع الا بعد ذلك بكثير . بل أن بعض الكتب لم تطبع على الاطلاق مثل كتب شوقيه Chuquet وكتب بيروفرنيسكا Piero della Francesca ، وعلى كل ظهر سفر (سفارا) جون ساكرو بوسكو - Jean de Sacro bosco, Sphaera في فراري سنة 1472 ، وتبعه من قرب ، كتاب پورباخ Peurbach المسمى « النظرية الجديدة في الكوكب » (تيوريكا نوفا بلانتاروم) Theoricæ Novæ Planetarum (نورمبرغ) Nuremberg 1472 . لا شك أن المربعات والكوادري بارتيتم Quadripartitum التنجيمية التي وضعها بطليموس Ptolémée ظهرت سنة 1484 و1493 (في البندقية) أما المجسطي Almageste فلم يُعَدَّ طبعه الا سنة 1515 باللاتينية (في البندقية) ، وفي سنة 1538 باليونانية . (في بال) . ولكن «عناصر» (اقليدس Euclide ، يخط كامبانوس Campanus) طبع سنة 1482 في البندقية من قبل ارهارد راتدولت Erhard Radolt . وهكذا لم ينتس الرياضيون الوسيطيون . واذا كان ليونارد دي پيز Leonard de Pise قد ظل بدون ان تنشر كتبه حتى القرن التاسع عشر ، وليفي بن جرسون Levi ben Gerson حتى أيامنا هذه فان بعض كتب برادواردين Bradwardine وكتب جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius وحتى كتب نيقول أورسم

Nicole Oresme قد طبعت (من ذلك حساب جوردان Jordanus سنة 1496 و 1503 ، الخ وكتب برادواردين Bradwardine سنة 1495 الخ . والجيوماتيريا النظرية لهذا الأخير طبعت سنة 1495 . أما « لاتيتودين فورماروم Latitudine Formarum » لاورسم Oresme فطبعت سنة 1482 و 1486) وهناك كتب حديثة ظهرت أيضاً . وفي سنة 1478 ظهر في تريفيز كتاب « حساب » لمجهول تبعته سلسلة من الكتب الأخرى الإيطالية أو الألمانية .

هذه المؤلفات العملية جداً في البداية ، والتي أتمت التعليم الشفوي للأباء الطليان وللمعلمين الألمان أدخلت تتكامل بالتدريج : فبعد مضي 15 سنة على « موجز » تريفيز Trévisه ظهر مجمع (سوما Summa) « لوكا باسيولي Luca Pacioli » في البندقية سنة 1494 . وهو حقاً « جامع » لكل المعارف الرياضية في عصره .

نقولا دي كوي Nicolas de Cues وتأثيره : لقد أثر نيقولا دي كوي (1401 - 1464) تأثيراً أكيداً على ليونارد دافنشي Léonard de Vinci وعلى جيوردانو برونو Giordano Bruno وعلى كوبرنيك Copernic وكبلر Kepler ، رغم اشتهاره كفيلسوف لا كعالم ورغم أنه لم يكتشف أية حقيقة علمية : وذلك بفضل تأكيده على القيمة المطلقة لمبدأ الاستمرارية ومهامته الجازمة بين الدائرة ومتعدد الأضلاع ذي العدد اللامتناهي من الجهات . وهاتان النظريتان كانتا أساس مبدأ « قياس الاحجام » (Stéréometrie) الذي وضعه كبلر Kepler ، نقطة انطلاق هندسة اللامقسومات في القرن السابع عشر .

إن مبحث العلوم عند « نقولا دي كوي » محكوم بمفهوم البنية الجدلية السائدة في فكرنا العقلاني القائل بالانتهى والنسبي، وحيث المعارضة والتضاد هما القانون الأسمى ، والمحكوم بالمصادقة ، الجدلية أيضاً ، في هذه المعارضات والتضادات داخل « المطلق واللامتناهي » ، مصادقة توصل عقلنا الى فهمها بفضل عمل المجاثي فكري أسماه ن دي كوي N.De Cues « العالم الجهالة » دوكتا اينيورنسا « Docte ignorance » .

كل فكرة تقوم على مقارنة ووضع علاقات معينة . والعلاقات نجد أفضل تعبير عنها في العدد . والعدد يعبر بصورة أساسية عن التعارض بين الصغير والكبير . كما أن العدد يدخل في نطاق المنتهي . لا شك أنه بالإمكان الذهاب من الكبير الى الأكبر ومن الصغير الى الأصغر ولكن في هذه التصاعدية غير المحدودة لا نتخطى اطلاقاً عن مجال المحدودية ، فلا نصل أبداً لا الى الذروة ، أي الى عدد ليس هناك أكبر منه ولا الى الأدنى أي الى قيمة لا يوجد بعدها قيمة أصغر . وبلوغ « الأقصى » أو الأدنى يجب تجاوز السلسلة غير المحدودة للكبير والصغير . وهكذا ندرك أن الأقصى في الضخامة والأدنى في الصغير يتطابقان في فكرة اللامحدود .

وتطابق التقيضين في اللانهايي يتم أيضاً في مجال الجيومتريا حيث لا شيء يتناقض الا المستقيم والمنحني هذا اذا لم يكن التناقض بين المستقيم والخط المنكسر . ومع ذلك فان هذا التناقض لا يصلح

الا في مجال النهائي . وهكذا يتناقض انحناء الدائرة كلما تزايد شعاعها ويزايد الانحناء اذا تناقص الشعاع ، ولكن الانحناء لا يصل الى أدنى مداه ولا إلى أقصاه . ولكنه يتلاشى في اللانهائي . من هذه الاعتبارات التي هي وراء الرياضيات استنتج « نقولا دي كوي » استنتاجات مهمة . فقد حاول وهو يؤكد أن الرياضيات وحدها تتيح للفكر البشري الوصول الى اليقين ، وهي تشكل اساس الفيزياء - رغم أن حقيقة الفيزياء لا تنصاع تماماً للرياضيات - فقد حاول ان يطبق معتقداته على مسائل محددة في العلم .

وليس لأعمال « نقولا دي كوي » الرياضية قيمة كبيرة ، مهما دلت على عبقرية . ذلك أنه قام بمشروع مستحيل هو « تربيع الدائرة » ، وان حله تؤدي الى تشبهات أو مقاربات غير مكتملة ، وهذا ما لم يقصر « ريجيو مونتانيوس Regiomontanus » في الاشارة اليه ، ونشير إلى أنه في « الرياضيات الكاملة » Mathematica Perfectione (1458) أورد التقريب الممتاز (بالمفهوم الحديث :

$$\varphi = 3 \sin \varphi / (2 + \cos \varphi)$$

يعرف « نقولا دي كوي » أن الخط لا يمكن أن يقسم أو يجزأ الى نقط . بل بالعكس ان لا تجزئية الخط تقوم على عدم امكانية تقسيمه إلا إلى خطوط ، حاله في ذلك كحال السطح (المساحة) الذي لا يقسم إلا إلى سطوح ، أوحال الجسم (الحجم) لا يقسم إلا إلى أجسام . لا انقساميات ليست ، بأي شكل كان ، إلا انعكاسات للانقسامية المطلقة للنقطة التي تتضمن وتلخص بذاتها كل اللانقساميات الأخرى ويعرف « نقولا دي كوي » أيضاً أن متعددات الأضلاع الداخلة في الدائرة أو المخيطة بها ، رغم أنها ، بعد تكاثر اضلاعها ، تتقارب من بعضها البعض - ومن الدائرة التي هي حدها المشترك ، فهي لا تتطابق فيما بينها ولا مع الدائرة .

وننتج مبدأ تطابق الأقصى والأدنى لـ « كوي » ان يؤكد ان مثل هذا التطابق يجب ان يحصل بين المثلث (الحد الأدنى من عدد الأضلاع) وبين الدائرة (الحد الأقصى المطلق لعدد الأضلاع) .

هذه التأملات حملت « نقولا دي كوي » على التأكيد على مبدأ الاستمرارية - الذي اعلنه كامبانوس Campanus سابقاً - وبموجبه ان المقدار المستمر المتحرك بين الأقل والأكثر من مقدار معين ، يجب ان يساوي ، في لحظة معينة ، هذا المقدار المعين . ومبدأ تحليلاته يبقى هو هو دائماً : التوافق ، المفهوم بالحدس الذهني (الرؤيا الفكرية) بين الأقصى والأدنى في مجال اللانتهائي والتطبيق الأكيد لمبدأ الاستمرارية . إن العلاقة الصالحة بالنسبة للأقصى والأدنى تصلح أيضاً بالنسبة للقيم الوسيطة

التجديد عند بورباخ Peurbach : يقترن التجديد في الدرامات الفلكية والرياضية في أوروبا باسم ويعمل جورج فون بورباخ Georg Von Peurbach (1423-1461) . إذ معه بلغت الحركة الانسانية علم الفلك واعلن - دون أن ينكر التراث العربي بل بالعكس - بوجوب العودة الى الشبايع الأصلية أي الى الاغريق ، في مجال علم النجوم .

ولد « بورباخ » في ضواحي لينز ودرس في جامعة فينا ثم ذهب الى ايطاليا حيث تعرف على

« نقولا دي كوي » وعلى الرياضي والفلكي بيانشيني Bianchini ، ولما عاد الى فينا ، سنة 1454 أصبح فلك الملك لاديسلاس السادس Ladislas VI ملك هنغاريا . وفيما بعد ذلك بقليل ، علم الفلك والحساب والأدب الكلاسيكي في جامعة فينا . وعلم الألفوريتم وطبع ما علمه لأول مرة سنة 1492 ؛ وهذا الكتاب أعيد طبعه كثيراً بأسماء متنوعة ، وذاع واشتهر في القرن السادس عشر ككتاب حساب في الجامعات حيث حل محل كتاب « الألفوريتم » الذي وضعه ساكروبيوسكو Sacrobosco . والواقع أن كتاب بورباخ قلماً أبداً وأفضل من كتاب « ساكروبيوسكو » : فهو يقدم قواعد بدون تبين ، وتحشأ مع التراث كان يعتبر التبعض Médiation والتكثير كعمليات منفصلتين . فضلاً عن أنه لا يعالج إلا عمليات متعلقة بالأعداد الصحيحة . ونذكر أن « الألفوريتم » هو الحساب بالكتابة (بالريشة) ، وبارقام عربية ، بدلاً من الحساب بواسطة الرميات (Jetons) (« على الخط ») ، المأخوذ عن العدادة (او المعداد) والمترابط باستعمال الأحرف الرومانية ، والذي ظل سائداً حتى القرن السابع عشر ، كاسلوب في الحساب شائع لدى العدادين (التجار والصرافين الخ) . وكانت السلطات العامة بصورة خاصة تحبذ استعمال الأرقام الرومانية في السجلات الرسمية - لأن الأرقام العربية يسهل ، بحسب رأيهم ، تزويرها . ولهذا ظل الحساب وفقاً للطريقة القديمة يعلم على يد « العدادين » و « معلمي الحساب » ولم يخل المكان امام الألفوريتم الا متأخراً وعلى مهل . وظل يعلم في غالبية الحسابات العملية في القرن السابع عشر . وظل استعمال العدادة حتى أيامنا سواء في الشرق أم في روسيا .

والأهم من « الألفوريتموس Algorithmus » هو « التراكتاتوس Tractatus » وهو أحد أوائل الكتب التريغونومترية التي كتبت في أوروبا ، وإليه أضاف بورباخ Peurbach جدول جيوب « سينوس Sinus » ذا دقة لم تعهد من قبل ، في ذلك الزمن .

والجيوب (Sinus) اختراع هندي ، استعملت لتحل محل الأوتار (Cordes) التي كان الأغريق يستعملونها . وإذا كانت ترجمة الكتب العربية قد جعلت هذه الفكرة مفهومة من العلماء الأوروبيين ، فقد كان ينقصها جداول واضحة بما فيه الكفاية . وازداد بورباخ ان يتلافى هذا النقص . واستند الى المناهج العربية وخاصة الى مناهج الزركلي (Arzachel) فوضع جدولاً بجيوب الزوايا (أقواس) مرتبة من 10 د إلى 10 د ومن صفر حتى 90° . وفي حسابه ، الذي وضعت نتائجه بشكل كسور عشرية (لاسداسية) ، اعتمد « بورباخ » 60 000 (6×10^4) كمقياس للشعاع (أو نصف البقطر : سينوس توتوس) بدلاً من 60 وهو الرقم الذي اعتمد بطليموس Ptolémée من أجل حساب الخطوط (الأوتار) في المجسطي .

ولم تشر جداول بورباخ . وقرر « رجيومونتانوس Regiomontanus » ان يستبدلها باخرى ، أكثر دقة ، حسبها بعد أن غير في الزوايا (الأقواس) بين درجة ودرجة ، متخذاً الشعاع مساوياً (6×10^4) ثم 6×10^6 (في جدول المماسات) - بل ان « رجيومونتانوس » استعمل حتى قياً كسرية ذات شعاع (10^4 و 10^6) فانما الطريق لادخال الأعداد الكسرية العشرية . ووضعت وفاته المبكرة حداً

لشاريعه ، ولم ينشر « تراكتاتوس » بورباخ Le Tractatus de Peurbach مع جداول تلميذه الا في سنة 1541 من قبل ج. شونر J. Schöner . واخترع « بورباخ » أيضاً آلة رصد نجومية « المربع الهندسي » « كوادراتوم جيومتريكوم » Quadratum geometricum يركز مبدؤها على استعمال جداول السينوس .

مقدمات رجيومونتانوس (Regiomontanus) : ولد سنة 1436 قرب كونيغسبرغ (فرانكونيا السفلى) . واسمه الحقيقي جوهان مولر Johann Müller درس باكراً في جامعة ليبزيغ ثم في جامعة فيينا حيث تتلمذ على بورباخ Peurbach . وقد عهد اليه هذا انهاء ترجمة بطليموس Ptolémée ، وكان قد شرع بها . ورحل رجيومونتانوس Regiomontanus الى ايطاليا . وعمل في بادئ الامر مع الكاردينال بيساريون Bessarion ومع جورج تريزوند Georges de Trébizonde ، ثم عمل مستقلاً ، ناسخاً مخطوطات يونانية منها « المجسطي Almageste » . وتحوّل في ايطاليا ، قائماً بارصاد نجومية ، وتحالف مع بيانيني Bianchini ، وأيضاً مع الانسانيين غارينو Guarino وتيودور الغزاوي Théodore de Gaza . وأكمل تصحيح نص اغريقي للمجسطي Almageste « كما أكمل كتابه « تريانغوليس أونيموديس Triangulis omnimodis » (في البندقة سنة 1464) . وبعد الاقامة في فيينا وفي اوفن حيث قدم له ملك هنغاريا ، ماثياس كورفن Mathias Corvin ، وظيفة حافظ كنوزه . وفي سنة 1471 أقام في نورمبرغ ، حيث وضع تاجر غني بزهارد ولتر Bernhard Walther في تصرفه مرصداً ، ومعملاً لصنع الأدوات ومطبعة لنشر كتبه الخاصة والمؤلفات العلمية الكلاسيكية . ولكن ، في سنة 1476 ، استدعاه البابا سيكست (Sixte) الرابع ليستشيره حول اصلاح الروزنامة وعينه أسقفاً في راتيسبون . وبعد وفاته احتفظ ولتر Walther بمعظم كتبه ومخطوطاته ، ثم خلفه عليها الانساني الألماني ويلبالد بيركهيمر Willibald Pirckheimer .

كان انتاج « رجيومونتانوس » العلمي غنياً جداً ، ولكنه أقل أصالة مما كان يعتقد . لقد كان رجيومونتانوس مطلعاً تماماً على كتب سابقيه ، وبصورة خاصة على كتب عربية أو يهودية لم تكتشف مجدداً الا في القرن 19 . وقد أخذ عنهم وخاصة عن ليفي بن جرسون البتاني Levi ben Gerson ، وAl - Battani ونصير الدين الطوسي Nāsir al - din al - Tūsi أشياء كثيرة ظن البعض انها منه ، ورغم ذلك لا ينكر عليه أنه كان الأول في اعتبار « علم المثلثات » كفصل مستقل من العلوم .

وتضمن برنامج الطبايعي ، الذي احتوى العديد من المخطوطات المستملكة أو المستنسخة ، مع كتب بطليموس Ptolémée ، غالبية المؤلفات الرياضية والميكانيكية في العالم القديم ، والعديد من المؤلفات الوسيطة ، وكتب وأعمال بورباخ Peurbach « نظرية الكون الجديدة Theoricae novae planetarum » (التي نشرها سنة 1472) وتراكتاتوس . . (Tractatus... Super propositionibus Ptolemaei de Sinubus et Chordis) ثم أعماله الذاتية .

من بين هذه الأخيرة تحتل « خمسة كتب حول المثلثات » (نورمبرغ 1533) المقام الأول بقيمتها الذاتية وبأثرها . وبهذا الشأن يعتبر كتاب نصير الدين الطوسي Nāsir al-din al-Tūsi : « كتاب

المربع الكامل» ونهاية (راجع المجلد الأول القسم الثالث، الفصل الثاني): أما كتاب «رجيومونتانوس» فيعلن عن انطلاقة جديدة رغم أنه مستلهم من الطوسي Al - Tusi والكتابان الأولان من كتاب المثلثات مخصصان للمثلثات، أما الكتابان الآخران، والقسم الأكبر من الكتاب الأخير فمخصصة للمثلثات الكروية. وبعد بحوث عامة يبدأ علم المثلثات بالمقترح X ثم يضع، بالنسبة إلى كل المثلثات، تناسبات الأضلاع مع فرجة الزوايا المقابلة (Sinus). وهذه القاعدة الأساسية الموجودة عند ليفي بن جرسون Levi ben Gerson، تنطبق في حل المسائل المحددة المطروحة على أساس معطيات عديدة تعالج بالحساب.

ويعالج الكتاب الثالث ومطلع الكتاب الرابع مادة الأكر عند مينيلاس Ménélaüs وعند تيودوز Théodose ويؤكد طرحان من طروحهما أن مجموع أضلاع المثلث الكروي أقل من دائرة كاملة وأن مجموع الزوايا يزيد عن زاويتين قائمتين.

ونسية جيوب (Sinus) الأضلاع إلى جيوب الزوايا المقابلة، تُبين فيما بعد، في حالة المثلث الكروي القائم، ثم تعمم هذه النسبة على كل المثلثات الكروية. وبواسطة أمثلة، وحسابات شاقة بين «رجيومونتانوس» أن معرفة زوايا المثلث الكروي تتيح تحديد أضلاعه والعكس.

ويعود الكتاب الخامس إلى بعض القضايا بأساليب جديدة وخاصة استعمال التجويف المعاكس (Sinus versus) المحدد بالفرق بين التجويف الكلي والتجويف المكمل (وهو ما نطلق عليه اسم «جيب التمام» (Cosinus)، وهو مفهوم لم يصل إليه «رجيومونتانوس»: ويعود الفضل فيه إلى «ريتيكوس» (Rheticus 1551) إما كلمة Cosinus فقد أوحى بها إي. غنتر E. Gunter سنة 1620. ومضمون الكتاب الخامس المذكور يعكس تأثير البتاني Al-Battāni.

ومن المحتمل أن يكون «رجيومونتانوس» قد أعد صياغة كتابه في ضوء المعارف الجديدة المكتسبة بعد سنة 1464 بعد قراءة البتاني Al - Battāni وخاصة معرفته للمماس (l)، وقد وضع له جدول سنة 1464، إسمه الجدول «الخصب» نشر في أوغسبورغ سنة 1490. وفي هذا الجدول يبدو الميل نحو علم التنجيم لا علم الفلك واضحاً. وقد أعاد رجيو مونتانوس Regiomontanus النظر فقط في الكتاب الأول من موسوعته وأعدّه للطباعة. ونشير أيضاً إلى كتابة «مدخل إلى عناصر

(1) إن فكرة المماس، رغم استعمالها من قبل الفلكيين العرب، لم تلفت انتباه الغربيين. إنها لم تكن معروفة منهم: فمنذ القرن الثالث عشر استعمالها روبر الإنكليزي Robert L'Anglais بأصلها العربي «الظل». وفي القرن الرابع عشر أشار إليها بن جرسون Levi ben Gerson في كتاب ترجم إلى اللاتينية سنة 1342 عنوانه: «سينيس كورديس اركوبوس...»؛ (Sinubus, chordis, et arcibus, item instrumento revelatore secretorum) وهذا الكتاب اعتبر أول كتاب في علم المثلثات مؤلف في الغرب. ولكن أحداً لم يلفت إلى هذين المؤلفين. وكان رجيو مونتانوس Regiomontanus الأول الذي اعترف بفائدة هذه الفكرة. أما فكرة المماس فقد ظهرت لأول مرة سنة 1583 في كتاب «الهندسة الدائرية» للمؤلف توماس فنكي Thomas Fineke.

إقليدس » ، « Introduction aux Eléments d'Euclide » وإلى رسائله العلمية الكثيرة .

الكتب الأولى : كان الربع الأخير من القرن الخامس عشر حقبة ناشطة ادبياً وطباعياً . والكتب التي صدرت عن مطابع فرنسا وإيطاليا والمانيا كانت قليلة الأصالة ، ولم تصل إلى مرتبة مؤلفات عظماء الرياضيين من القرن الثالث عشر والرابع عشر أمثال جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius وليونارد دي بيزا Leonard de Pise ونيقول أورسم Nicole Oresme . إلا أن بعضها يدلنا على مستوى وعلى انتشار المعارف الرياضية وعلى الدور الذي لعبه اتحاد العلوم التطبيقية الرياضية مع الجبر ، من أجل تقدم هذا الأخير وقيامه بدور العلم المستقل . فضلاً عن ذلك تكشف لنا هذه المؤلفات عن جهد واع لوضع مختصرات تعبر عن العمليات الحسابية والجبرية التي كان يعبر عنها حتى ذلك الحين بواسطة الكلمات .

واعتبر كتاب « حساب ترفيز Trévis » سنة 1478 الأول من نوعه في الرياضيات التطبيقية . يقول الكاتب ، وهو غفل الاسم أنه كتبه بناء على طلب شبان يمتحنون التجارة وأنه يتضمن قواعد مفيدة لكل أنواع الحسابات . ويوجز المؤلف العمليتين الحسابيتين الأوليين . في حين يتوسع في الضرب والقسمة ، وهي عمليات كان يستصعبها الناس في القرون الوسطى وفي عصر النهضة ، ويقدم عنها تقنيات متنوعة . من ذلك الضرب بواسطة العامود ، ويستخدم عندما يكون الضارب مؤلفاً من عدد واحد . ثم هناك الضرب المصالب . وهناك أسلوب ثالث يمكن أن يستخدم بخمسة أشكال متنوعة ، واحد منها فقط يتوافق مع أسلوبنا ، وهو الضرب عن طريق المربعات . أما القسمة فتم بواسطة الأعمدة عندما يكون القاسم عدداً واحداً . أما إذا كان القاسم مؤلفاً من أكثر من عدد فتم القسمة بما يسمى بـ « قسمة السفينة » وذلك بكتابة النتائج الجزئية فوق المقسوم ، ثم شطبها تباعاً في كل مرحلة ، وهي طريقة ما تزال مستمرة وقد اعتمدها الأقدمون وكذلك أهل الشرق الذين كانوا يكتبون على الرمل أو على الواح من شمع . (راجع المجلد الأول ، القسم الثالث ، الفصل الثاني) .

أما الميزان بواسطة الـ 9 فهو جزء متمم للعمليات . ثم تأتي القاعدة الثلاثية ، ثم حساب الخلاط (تحديد وزن المعادن الثمينة الداخلة في الخلاط) حساب عدد الذهب في جدول الحسابات الكنسي . ومن بين المسائل المعالجة ، وبعضها يعود إلى العصور القديمة ، مسألة الملاحقة وهي مسألة الأرنب الملاحق من قبل كلب . وقد تعرض لهذه المسألة « الكوين » وكذلك مسألة تلاقي الساعين المتجهين نحو بعضهما البعض .

وهذا الكتاب قد تبعته كتب أخرى من نفس النوع أشهرها كتاب بطرس برجي Pietro Borgi (البندقية 1484) .

ويتفق مع « حساب ترفيز Trévis » كتاب بعنوان « رشن بوك Rechenbuch » نشر في بنبرغ سنة 1482 ، نشره وغر V. Wagner . وقد وصل إلينا منه بعض الأجزاء . وهناك أيضاً كتاب

« بامبرجر رشنوك Bamberger Rechenbuch » لكاتب مجهول ، نشر في ذات المدينة في السنة التالية . وفي هذا الكتاب يبدو الأثر الإيطالي واضحاً . وهذا الكتاب الأخير أكمل وأكثر منهجية ويعلم العد والجمع والطرح والضرب وفقاً لخمسة أساليب والقسمة وفقاً لعدة أساليب : قسمة الأعداد الصحيحة مع ميزان السبعة وقسمة الكسور ، ثم جمع التصاعد الحسابي والتصاعد الهندسي ثم القاعدة الثلاثية أو القاعدة الذهبية .

ونخصص فصل فيه للحساب بواسطة الفيشات (dieguldenregel) . ومصدره إيطالي واضح من الاسم . ونجد فيه مسائل حول صرف العملة والمزج ، وقاعدة الشراكة . ووضعت جداول تدل مباشرة على هذه المسائل المتنوعة . أما كتاب جان ويدمان Behende und hubsche Rechenung 1489 auf allen Kauffmannschafft, Leipzig, 1489 ، وإن أخذ عنه الكثير ، ومستواه أعلى وأكمل . وهذا الكتاب يعلن عن تلاحم الحساب والجبر . ويعتبر كتاب لوقا باسيولي Luca Pacioli واسمه « سوما Summa » خير مثال على ذلك

وجوهر فائدة هذا الكتاب يكمن في استعمال العلامتين + و - وهما لا تدلان لا على عمليات الجمع والطرح ولا على أعداد إيجابية أو سلبية ، بل تدلان على النقص والزيادة أو العلاوة والحسم : ثلاث أكيال (~) انسان 2 ؛ 3 ماركات (+) 3 دنانق . وتشيأ مع استعمال دائم للرياضيين الوسيطيين والشرقيين تصنف المسائل وقواعد حلوفها ، رغم تقاربها في النوع ، كل حالة على حدة ويعطى لكل منها اسم خاص والاستعانة بالجبر (كوس⁽¹⁾) يظهر في معالجة مسائل تتعلق بالفائدة البسيطة والمركبة وبالمسائل التي تقتضي افتراضاً خاطئاً ومزدوجاً . ولم يستعمل ودمان Widmann الفاظ الجبر اللاتيني ولم يكتب صيغاً بل أعلن عن قواعد تدخل في جملة المعلومات الجبرية . أما مستوى المعرفة الرياضية السائد يومئذ فمعروض في مخطوط موجود في مكتبة ميونخ (1461) وفي مخطوط آخر في مكتبة درسدن . المخطوط الأول يتضمن معالجات بقلم أورسم Oresme ، ويراوداردن Bradwardine ، ونيقولا كوي Nicolas de Cues ، حول الهندسة العملية ، وطريقة في الحساب بواسطة الكسور ، وحساباً جبرمائياً لاتينياً ، يبدأ على غط حساب بويس Boèce ، بتحليلات حول الأعداد المزدوجة والمفردة ، وحول الأعداد الأولى والكاملة وينتهي بدراسة التصاعد ومقاعدة فالسي regula falsi وقاعدة اورا Regula aurea velde tre . . . مع العديد من القواعد الخاصة والأمثلة . كما يتضمن هذا المخطوط الأول فقرة من ترجمة كتاب الجبر للخوارزمي al - Kwarizmi .

ويتضمن مخطوط درسدن Dresde ، فيما يتضمن ، كتابين عن الجبر واحد لاتيني والآخر الماني ، حيث توجد إشارات متنوعة للدلالة على « القوى الأربعة الأولى » فوق المجهول ، كما يتضمن تصنيفاً للمعادلات التي تميز بين الأنماط الستة الكلاسيكية لمعادلات الدرجة الثانية (ومنها ثلاثة أنماط من

(1) إن كلمة كوس Coss تعني عند الألمان الجبر وتعني عند الطليان من المتعاملين بالجبر « المجهول » أو الشيء المطلوب .

المعادلات الناقصة) و18 أخرى تكعيبية ومزدوجة التربع . وهذه تضاعفية تميزها جبر القرون الوسطى وعصر النهضة ، وتفسر ، بجهل العدد السلمي والحاجة الى عدم استعمال قيم غير القيم الايجابية في المعادلات .

مثلث شوكيه : أن كتاب « الأقسام الثلاثة في علم الأعداد » ، المكتوب في ليون سنة 1484 ، بقلم الطبيب الباريسي نقولا شوكيه Nicolas chuquet ، يسمو في مستواه فوق الكتب السابقة ، وأيضاً فوق كتاب « سوما Summa » لمؤلفه لوقباسيولي Luca Pacioli . وعلى كل ، وإذا كان بالامكان القول بأن واحداً من هذه المؤلفات قد أثر بصورة مباشرة في المؤلفات الأخرى ، فإن تشابهها يدل على أنها تدخل في ذات التراث .

تتضمن دراسة «شوكيه» ، التي ظلت مخطوطة في زمنه ، ثم اكتشفت ونشرت من قبل « A. Marre » سنة 1880 ، ثلاثة أقسام مخصصة للأعداد ذات الجذور والأعداد غير المجزأة ولنظرية المعادلات .

وبداً «شوكيه» ، بحكم امانته للتراث ، بالتعداد ، أي بشرح نظام الأعداد وكيفية كتابتها وظهر دور الصفر بوضوح تام . ومن أجل تسهيل التعداد ، اقترح شوكيه تقسيم الأعداد الى مجموعات (بواسطة النقط) واعطاء كل مجموعة اسماً يدل على مرتبتها مباشرة . من ذلك انه بدلاً من القول « الف الف » يقال « مليون » ، وبدلاً من القول « مليون مليون » يقال بليون ثم تريليون ، كوادريليون الخ . وهكذا الى آخر ما يراد تعداده .

ان المعجمة التقنية التي استعملها «شوكيه» متقنة الصنع . وهي في معظمها ما تزال نستعمل اليوم . اما جدول الضرب فيسميها «الكتب الصغير حول الألفوريسم» ، وهي مرتبة بشكل مثلث . ويفضل «شوكيه» بدلاً من ميزان ال9 ، لأنه لا يمكن أن يكتشف بعض الأخطاء ، ميزان ال7 « لأن ال7 لا تأتلف مع الأرقام مثل 9 » . ويلاحظ «شوكيه» ان الضرب والقسمة باثنين او ثلاثة الخ هي حالات خاصة في العمليات العامة وليست عمليات خاصة .

ويحدد «شوكيه» أيضاً التصاعدية الحسابية والتصاعدية الهندسية بوضوح ، وفي هذا اعظم عناوين مجد «شوكيه» ، حين يجري التوافق بين التصاعديتين :

« اذا كانت التصاعدية الحسابية هي تصاعدية سلسلة الأعداد والتصاعدية الهندسية تبدأ بمطلق عدد الا ان (خرجها) (Dénominateur) أو ضاربها يساري هذا العدد ، [وهذا ما نرمز اليه اليوم بنمط $a^0, a^1, a^2, a^3, \dots, a^n$] عندها (يقول «شوكيه») ، أن حاصل ضرب عددين من السلسلة الثانية ينتمي الى السلسلة ، وعددها الترتيبي يكون مجموع الأعداد الترتيبيه لهذه العوامل .

ونجد هنا ، وهذا امر مهم ، أول مظهر من مظاهر فكرة الحساب اللوغاريتمي . وفي معالجته للقاعدة الثلاثية وللقواعد المتعلقة بالموقع وبالموقعين ، يتصرف شوكيه Chuquet بشكل متماسك تماماً وتناظري فيها خص الأعداد الايجابية والأعداد السلبية ، ويعطي قواعد

استعملها : « ضرب زائد بناقص أو العكس يعطى دائماً ناقص . أما قسمة زائد بـ زائد وناقص بناقص فيعطى زائد ، ومن يقسم زائد على ناقص أو ناقص على زائد يحصل على ناقص » . والنوعان من الأعداد ، وكذلك عمليات الجمع والطرح يرمز اليها بالإشارات (اختصار $+$ و $-$) . وظهرت علامات أخرى في بقية المؤلف من ذلك ان الجذر Racine يرمز اليه $\sqrt{}$ (وقد سبق أن استعملها ليونارد دي بيز Leonard de Pise ورجيو مونتانوس Regiomontanus) .

يضاف اليه المثقل Exposant : $\sqrt[n]{}$ إشارة إلى الجذر التربيعي (الجذر الثاني) و $\sqrt[n]{}$ من اجل الجذر المكعب . وقد عالج مسألة توسيع هذا الترميز ليشمل الجذور الأولية ($\sqrt[n]{}$) التي هي الأعداد بذاتها ($\sqrt[n]{12} = 12$) .

أما الترميز (الأسّي Exponentielle) بواسطة الرموز العليا الموضوعية على اليمين فقد وسع من الجذور الى مضاعفات المجهول . ويسمى «شوكيه» المجهول «بالعدد الأول» ، ويشير الى أن القدامى كانوا يسمون هذا المجهول شيئاً (\cos و Res) ، ولكنه لم يكتبه في تركيباته ومعادلاته . من ذلك أن 12^1 تعني في الترميز المعاصر 12^x . أما الأعداد الثانية والثالثة فتدل على تضعيفات المجهول ($12x^2 = 12^2$, $12x^5 = 12^5$) . ولكن رغم هذه الثغرة - عدم ترميز المجهول - فهم «شوكيه» تماماً المعنى العميق للترميز الأسّي .

فهو قد طبق ، ليس فقط في الضرب وفي القسمة الجاريين على تعابير من a^n و a^m ، وبدون تردد قاعدة الجمع والطرح في المثقلات (من ذلك $10^5 \times 12^3$ تعطى 120^8 أي في الترميز الحديث : $120x^8 = 10x^5 \times 12x^3$) بل لم يتردد أو يضطرب امام المثقلات السلبية ولا أمام المثقل صفر الذي يدل على عدم وجود مجهول .

وتبدو معالجته لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية (وقواعده بهذا الشأن قريبة من القواعد المطبقة اليوم في كتبنا) من حيث وضوحها ، فريدة في القرن الخامس عشر . وفي نظرية المعادلات لم يحاول «شوكيه» ، وهو بهذا امتاز على معاصريه ، ان يكثر من القواعد الخاصة ، بل بالعكس حاول أن يعثر على القواعد الأكثر عمومية ، وأدخل أربع طبقات قانونية تكتب في الترميز العصري (في المعادلات الرباعية أو القابلة للتخفيض والتحويل الى رباعية :

$$\begin{aligned} ax^m &= bx^{m+n} & ax^m + bx^{m+n} &= cx^{m+2n} \\ ax^m &= bx^{m+n} + cx^{m+2n} & ax^m + bx^{m+n} &= cx^{m+n} \end{aligned}$$

والأمثلة المعالجة تتضمن أحياناً حلولاً سلبية تعتبر صحيحة تماماً . وهناك حلول تؤدي الى معادلات غير محددة او الى مجموعات من المعادلات تتيح في الواقع حلولاً كثيرة . ويتضمن مخطوط «شوكيه» المحفوظ في المكتبة الوطنية في باريس (324 ورقة) ، يتضمن هذا المخطوط ، بعد «الأجزاء الثلاثة» (ورقة 1 إلى 147) مجموعة من 166 مسألة ، وبحثاً تطبيقياً حول تطبيق الجبر على الهندسة ، وحساباً تجارياً .

وفي بعض المسائل من الدرجة الاولى ذات المجهولات المتعددة ، يبرز ترميز جديد . فالمجهول

الرئيسي يرمز إليه دائماً بـ 1^1 ، والمجهول الثاني يرمز إليه 1^2 ، وتوصل «شوكيه» الى التعبير عن هذا بالنسبة الى الأول . وهناك مجهول ثالث رمز اليه 1^2 ، ثم عبّر عنه أيضاً بالنسبة الى الأول . وهكذا يعود الحل الى قاعدة الأوليات (J.Itard) .

ولأسف لم يُنشر كتاب «الأقسام الثلاثة» ، رغم أنه عُرف ، ورغم ان افكار «شوكيه» قد وجدت هنا وهناك وبصورة خاصة في كتاب الحساب الذي وضعه اتيان دي لاروش Etienne de La Roche (ليون 1520 و1538) . ولم يكن لهذا المؤلف ، في تطوير الجبر . ذلك الأثر الذي كان يجب ان يكون له . ولذا استخدم كتاب الجامع «سوما Summa» الذي وضعه لوكاباسيولي Luca Pacioli ، في القرن اللاحق ، كنقطة انطلاق ومصدر ثانٍ ، في علم الرياضيات النظرية والعملية .

مؤلفات باسيولي Pacioli : ولد لوكا باسيولي Luca Pacioli (اولوكادي بوجيرو سبولكرو Luca di Borgo S.Sepulcro) حوالي سنة 1445 في بورغو سان سبولكرو ، في أومبري . وفي سنة 1464 ، جاء الى البندقية وفيها اكتسب المعارف التجارية التي تجلت في كتابه «الجامع» (Summa) . وبعد أن ارتدى لباس سان فرنسوا San François ، وبعد أن اكمل دراسته ، درس الرياضيات في بروج (1475) ثم في مدن أخرى من إيطاليا . وأخيراً في روما حيث مات سنة 1514 .

وكتاب «الجامع» في الحساب والهندسة والنسبة والنسيات ، الذي سبقته ثلاثة كتب متوسطة الحجم وغير منشورة ، أكمله سنة 1487 ، في بروج ونشره سنة 1494 في البندقية . أنه كتاب كبير (600 ص) (300 ورقة) ضمّ ، فضلاً عن المواضيع التي أشار إليها العنوان ، محاضرة كاملة عن الحساب التجاري . انها موسوعة حقّة . وهذا الكمال ، المبتغى عن وعي ، من قبل «باسيولي» ، هو الذي يفسر نجاحه ، الذي لم يحط من قيمته انعدام الترتيب ، ولا صعوبة الأسلوب واللغة .

يقسم الكتاب الى خمسة أقسام ، قسمت بدورها الى معالجات وامتيازات . ولكنه لا يتضمن الا مجلدين . يحتوي الأول منها على الحساب (النظري والتطبيقي) وعلى الجبر (224 ورقة) والثاني يتضمن الجيومتريا (الهندسة) (76 ورقة) .

من الناحية الرياضية ، هناك تحديد قليل جداً في «الجامع» «لباسيولي» . ولكن المؤلف لا يتفني الاصلة ، ويشير بصراحة كلية الى الكتاب الذين أخذ عنهم أو نقل عنهم . ومن بينهم من الأقدمين : افلاطون Platon ، وارسطو Aristote ، واقليدس Euclide ، وارخيدس Archimède ، ونيقوماك Nicomaque ، وتيون الأزيميري Théon de Smyrne ، وبويس Boèce ، ومن بين علماء القرون الوسطى : ثابت Thābit ، واحمد بن يوسف Ahmad ibn yūsuf ، وليونار دي بيز Léonard de Pise ، وبرانداردين Bradwardine ، ويليدي بارم Blaise de Parme ، واليردي ساكس Albert de Saxe ، وجوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius ، وجان ساكروبيوسكو Jean de Sacrobosco ، ومن بين المعاصرين أشار الى برودوسيموس ولدوماندي Prodoscimode Beldomandi ، (الذي ظهر كتابه الالغوريثم الكاملة ، المؤلف سنة 1428 في بادوس سنة 1483) .

ويتضمن القسم الأول من «الجامع» المادة الأولية المعروفة في الحساب النظري والالغوريسم

وختلف أنواع الأعداد (المربعات، المنحرفات، المثلثات، الكاملة، المتعاطفة . . .)، وعرضاً موجزاً لنظرية التعدادات الأوجه المنتظمة الخمسة .

وبعدها يدرس العمليات الحسابية الكلاسيكية المعروفة يومئذ : العدد ، الجمع والطرح والضرب والقسمة والتضاعف ، واستخراج الجذور . ويلاحظ أن التوسط والتضعيف قد أهملتا تماماً أما الجمع فقد رمز اليه بالعلامة \bar{r} ويتم بأسلوب واحد . أما الطرح فقد رمز اليه بـ m وهو وارد بثلاثة أساليب مختلفة .

أما الضرب فيتم وفقاً لثمانية أساليب ؛ والقسمة أربعة منها أسلوب جاليا Galea الشبيه بالأسلوب الذي يسميه « حساب ترفيز Trévisé » ، *per batello a galea* ، وأسلوب Danda ، الذي طبقه المارسون برأي « باسيولي » ، والذي يشبه أسلوبنا . واستعمال موازين الـ 9 والـ 7 كان شائماً جداً . وبعدها تأتي الفصول المستوحاة من ليونارد بيزا Leonard de Pise ، حول التضاعد وحول استخراج الجذر التربيعي والتكعيبي (وهذه الحالة الأخيرة قد عولجت ضمن الفرضية التي يؤدي الاستخراج فيها الى عدد جلدي) ، وبعدها تأتي دراسة الكسور وفق ترقيم شبيه بترقيمتنا .

وأشار « باسيولي » الى المختصرات المستعملة في الحسابات العادية كما أشار الى مختصرات أخرى سماها حرفياً « بالجزيرية » (كاراتيري الجبريسي Caratteri algebrici) والتي تستعمل في قاعدة المجهول Regola della cosa .

ومن بين هذه المختصرات الإشارة ry التي ترمز الى الجذر (ry الأولى يماثل العدد ، ry أو ry^2 يدل على الجذر التربيعي و ry^3 يدل على الجذر التكعيبي : والمثقلات لا توضع كمثقل كما هو الحال عند شوكيه Chuquet بل على مستوى إشارة ry . و« باسيولي » لا يستعملها الا في الجذور التربيعية والتكعيبي .

اما الجذور ذات الثقل الأعلى ، فقد اتبع فيها خطأ مبدأ الجمع ، وذلك بشكل قليل التماسك : من ذلك $\sqrt[3]{ry^3 ry^3 ry^3}$ يساوي $\sqrt[3]{ry^3}$ ، و $\sqrt[3]{ry^3 ry^3}$ يساوي $\sqrt[3]{ry^3}$ ، و $\sqrt[3]{ry^3}$ يساوي $\sqrt[3]{ry^3}$. أما $\sqrt[3]{ry^3}$ تساوي $ry^3 ry^3 ry^3$.

ويكتب الجذر التربيعي لتعبير جبري كما يلي $ry u$ (radix universalis) . ويجب الإشارة الى ان نفس الرموز تستخدم أيضاً للدلالة على الأعداد المضروبة بنفسها أو بمثقلات . وهذا لا يساعد على الوضوح .

ولكن الترقيم الأكثر اعتياداً ، بالنسبة الى الأعداد المثقلة Puissances مختلف تماماً . فالمجهول (cosa ، أو Res) يرمز اليه بالرمز co . أما الأعداد المثقلة فلها أسماء خاصة وتميز بالاختصارات التالية :

censo = *ca.* (carré); *cubo* = *cu.* (cube : x^3); *censo de censo* = *ca.ca.* (carré de carré : x^4); *primo relato* = $p^o.ro$ (x^6); *censo de cubo* = *cubo de censo* = *ca. cu.* (x^4); *secundo relato* = $2^o.ro$ (x^7); *censo de censo de censo* = *ca.ca.ca.* (x^8), etc.

هذا النظام من التسميات يركز على ضرب الثقلات وليس جمعها . واضطر « بامبيولي » إلى الاستعانة بأسماء خصوصية (Les relati) وبالاختصارات الخاصة بالنسبة للأعداد المثقلة ذات التثقيف الأولي مثل 11,7,9 ؛ الخ .

ويرمز إلى المعادلة بكلمة يساوي أو بخط قصير : = ، أو بلا شيء . والعدد الثابت الوارد في معادلة ما يسمى Numerus . وفي الحالة النادرة والتي يجب تجنبها حيث تتضمن المعادلة مجهولين يرمز إلى الثاني أو *quantita* ، بعلامة خاصة : $q\beta^a$.

وفي درسه للجبر بالذات بدأ « بامبيولي » بتفسير الإشارات \overline{m} و \overline{n} (زائد وناقص) حيث اختصر استعماله في سلسلة من القواعد مقربة للذاكرة . ويوضح أن البراتيكا سيكولا نيفا La Pratica speculativa ، والمسماة عامية « قاعدة الشيء » ، أو الفن الكبير تسمى أيضاً الجبر والمقابللة .

وفي نظرية المعادلات هناك ثلاثة أنماط خاصة بسيطة $ax^2 = c$; $bx = c$; $ax^2 = bx$ (في الترميز المعصري) ، وثلاث حالات رئيسية هي $ax + b = c$; $x^2 = ax + b$; $x^2 + ax = b$.

وحل المعادلات الأخيرة مختصر بثلاثة قواعد سهلة التذكر . والمعادلات من درجة اعلى (Bi-quadratique) تجمع في ثلاثة أنماط اثنان منها يُردّان إلى معادلات من الدرجة الثالثة وتسمى مستحيلة

ويطرح بامبيولي Pacioli فيما بعد ولأول مرة ، موضوع الأحزاب : وهي لعبة يتوجب للرابح فيها جميع ست علامات ، وتتوقف عندما يحصل أحد اللاعبين على خمس علامات والآخر على علامتين . فكيف تمكن قسمة الغنيمة ؟ والحل الخاطيء : بنسبة النقط الحاصلة .

القسمان الثالث والرابع اللذان ينتهي بهما هذا الكتاب الأول يشكلان كتاباً في المحاسبة ذات القيد المزدوج وجدولاً بالنقود والمقاييس المستعملة في إيطاليا ، والمأخوذة عن كتاب مؤلف مجهول ، غالباً ما يظن أنه جورج شياريني Giorgio Chiarini . (والكتاب طبع في فلورنسا سنة 1481 تحت عنوان Libro che tratta

والمجلد الثاني من كتاب « الجامع Summa » يعالج مختلف المسائل الهندسية القياسية . وفيه جمعت مئة مسألة « مفيدة جداً » ، في « دراسة خاصة حول الأجسام المنتظمة والعمادية » . أما أكثرية المسائل فتعالج بالحساب لا بالبناءات الهندسية . أما الكلام عن المعالجة الجبرية فخاطيء لأن « بامبيولي » يدرس مسائل خاصة ولا يتجاوز أبداً مستوى الحساب .

وفي سنة 1509 أصدر « بامبيولي » في البندقية كتاباً من ثلاثة أقسام عنوانه Divina proportione . . . والقسم الثالث من هذا الكتاب نقل نقلاً دراسة ظلت غير منشورة كتبها بيرولاً فرانسيسكا Piero della Francesca

وفي القسم الأول ، وهو القسم الوحيد الذي يعني بالنسبة (العدد الذهبي) ، أو القسمة لعدد ما الى حد *raison* متوسط الى حد أقصى (*en moyenne et extrême raison*) ، يمتدح « باسيولي » النسبة ، ويرر وصفها بالربانية Divine باعتبارها مأخوذة من الفلسفة الافلاطونية ومن اللاهوت المسيحي ، وشرح لنا دورها الضخم الذي تلعبه في تكوين الكون وكذلك في تكوين الجسم البشري . وتلي سلسلة من المقترحات المتعلقة بهذه النسبة (المستعارة من أقليدس (Euclide)) ، ثم مناقشة لتطبيقات هذه النسبة في مجال الهندسة المعمارية ، والطباعة ، وفي بناء البوليدر (مصلع متعدد الصفحات) المتظم ونصف المتظم . ويذكر « باسيولي » هذه المناسبة عدة مجموعات من نماذج هذه الأجسام ، وقد قام بنفسه بصنع مثل هذه المجموعة في نيسان 1489 . وتتضمن صورته الشهيرة من صنع جاكوب بارباري Jacopo de Barbari تصويراً لاثنتين من هذه النماذج (مصلعين واحدتهما متظم والآخر نصف متظم) . ومن اجل رسم الصورة في كتابه حصل « باسيولي » على مساعدة ليونارد دافنشي⁽¹⁾ Léonard de Vinci .

ليونارد Léonard والرياضيات : تقع اعمال ليونارد دافنشي ، Léonard de Vinci ، كأعمال صديقه لوكا باسيولي Luca Pacioli بين القرنين الخامس عشر والسادس عشر . وهو فكر شمولي اذا كان حقاً هناك من فكر شمولي ، وهو اعظم أعظم الهواة ، بحسب تعبير ج.ل. كوليدج J.L.Coolidge . وقد عني « ليونارد » بكل المجالات العلمية : الهندسة ، الميكانيك ، الجيولوجيا ، والجغرافيا ، الفيزيولوجيا والتشريح ، علم النبات والبصريات ولم يفته شيء أمام حشرفته المحرقة وكان فكره في كل مجال من هذه المجالات متقدماً سباقاً .

ولم يكن « ليونارد دافنشي » (1452 - 1519) نتاج تعليم جامعي ولا هو نتاج ثقافة أدبية انسانية ايطالية . واذا كان بيار دوهيم Pierre Duhem ، في دراساته الشهيرة حول « ليونارد دافنشي » ، ما قرأه ومن قرأوه « (باريس 1909 - 1913) قد قدم لنا العالم المشبع بالتراث العلمي الوسيط الذي انقذه « ليونارد » من النسيان ونقله الى خلفائه في القرن السادس عشر والسابع عشر ، فالعلم الحديث لم يحتفظ بشيء من هذه الصورة . ففي زمنه وفي الزمن الحديث اعتبر ويعتبر « ليونارد » رجلاً غير مثقف بالثقافة الكلاسيكية ، رجلاً يجهل اللاتينية واليونانية ، وممارساً عملياً ، وفي افضل الأحوال رجلاً عصامياً .

والمعاصرون - معاصرو « ليونارد » ومعاصروننا - هم على خطأ وعلى صواب في آن واحد . على

(1) يتوجب الإشارة إلى الترجمة اللاتينية « لعناصر اقليدس » Euclide التي نشرها « باسيولي » سنة 1509 في البندقية . ومن المعلوم ان هناك نسخة من « العناصر » بخط كمانوس مأخوذة من العربية وقد نشرت بعد 1482 . وانتقد بارثولوميو زامبرتي Bartolommeo Zamberti الاخطاء فيها ولغتها الجافة ونشر في سنة 1505 في البندقية ترجمة جديدة نقلاً عن مخطوطة يونانية . وقد قام مجد كمانوس على هذا ، إذ كان يعتقد أن المصطلحات وحدها كانت من صنع « اقليدس » أما البيان والايضاح في النسخة اللاتينية فكانت من صنع كمانوس ، اما البيانات في النص الاغريقي فكانت من صنع تيرون Théon . وقد اعتبرها « باسيولي » غير كافية من الناحية الرياضية (أي ترجمة زامبرتي Zamberti) ، فاعاد ، نشر نسخة كمانوس Campanus بعد تصحيحها . والخلط في زمنه بين « اقليدس » وبين الفيلسوف اقليدس المغربي Euclide de

خطأ حين يقللون من عدد الأشياء التي تعلمها الشاب «ليونارد» في مدرسة اندريا فروكشيو Andrea del Verrocchio حيث عمل في معمله وتكون على يديه : فمعمل كبير مثل معمل فروكشيو Verrocchio حيث يتعلم المبتدئ ، غير التصوير ، فن قولبة البرونز وتشذيب الصخر ، وفن وضع الخرائط وحفر القنوات وفن بناء البيوت وتحصين المدن ؛ هذا العمل يشبه الى حد بعيد مدارس للفنون الجميلة ، أو مدارس للفنون والمهن ، أكثر مما يشبه معمل رسام حديث . وممارسة كل هذه الفنون - حتى فن الرسم الذي يتطلب معرفة بالأبعاد - تتطلب زاداً علمياً رياضياً بصورة خاصة لا يستهان به على الإطلاق .

وهم على حق في التركيز على التكوين العملي وحتى الحرفي عند «ليونارد» : فهذا التكوين ربما يفسر لغته الهندسية المحدودة . أن ليونارد في أعماقه هو مهندس ومصمم آلات . وليس هو بالمنظر . كما أن جيومترته هي جيومترية الميكانيكي : والحلول التي يسعى إليها هي حلول عملية تقريبية تتحقق بواسطة آلات واقعية ، وليست حلولاً نظرية دقيقة يمكن تنفيذها in Rerum Natura . والعلم في نظر «ليونارد» - كما هو في نظر الكثير من معاصريه - لم يكن موجهاً نحو التأمل بل نحو العمل .

وخير مثل على هذا الموقف العملي التجريبي يدولنا من خلال دراسته حول البناء - بناء ضمن دائرة - لمتعددات الأضلاع المنتظمة كما تربيع الدائرة . ان رسم المتعددات ذات 24, 8, 6, 3 ضلعاً أمر سهل ، وقد حققه «ليونارد» مستعملاً فرجة ثابتة من البركار (البيكار) (وأصبح البناء بواسطة بركار ذي فتحة ثابتة - وهو موجود عند بابوس Pappus بعد أن كان أبو الوفا Abū'l-Wafa قد اهتم به كثيراً - شعبياً في إيطاليا خلال القرن السادس عشر . وبناء الخمس والثمان أصعب ، وقد اكتفى «ليونارد» ، هذه المرة بحلول تقريبية . أما تصحيح وتربيع الدائرة فيتم بتكريع دائرة أو دوائر فوق خط مستقيم أو فوق سطح . وهذا يدل ، بكل تأكيد ، على جهل تام بالمسألة النظرية ، ولكن من وجهة نظر المهندس له مبرره التام .

بدون شك ، يعود الفضل إلى لوقا باسيولي Luca Pacioli ، صاحب «الجامع» (Summa) الذي استولى عليه «ليونارد» منذ صدوره ، حتى أصبح صديق لوقا Luca ، وعنه أخذ أفضل معارفه الرياضية ولكنه عرف أيضاً البردي ساكن Albert de Saxe وجوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius اللذين ذكرهما كثيراً ونقلوا دي كوي Nicolas de Cues الذي كان له تأثير بالغ عليه وأغلب الظن أنه لم يدرس أرخميدس Archimède على الإطلاق . وبالمقابل لقد عرفه ، بشكل غير مباشر ، من خلال إيتومسيوس Eutocius وجورجيو فالأ Giorgio Valla حين طبق مضمون كتابه : « De expetendis et fugiendis rebus » .

ومن الغريب أن لا يتم «ليونارد» على الإطلاق بالجبر . ربما لأنه وجده صعباً جداً وتجريدياً جداً ، وبالمقابل انه مهندس بالولادة ، حتى ساعدته موهبته العجيبة في الرؤية في الفضاء ، على تلافي نقص معرفته النظرية . وافكاره حول المفاهيم الأساسية في الهندسة تبدو مهمة ، رغم أنها تعكس تأثير التراث الأرسطي ، وكذلك تأثير نقولا دي كوي Nicolas de cues المساعد .

ولا يتراجع «ليونارد» أمام استخدام التدقيقات المتناهية الصغر (الانتقال الى الحد الأقصى) . من ذلك انه ، لكي يحدد مركز الثقل في نصف الدائرة ، اقترح تقسيمها الى عدد من الاهرامات (المثلثات) الى درجة يصبح معها تقعر قاعدتها تقريباً غير محسوس بحيث يبدو كخط مستقيم . وعلى كلٍ ان في هذا حالة استثنائية . وبشكل عام ، ان اساليب «ليونارد» ايسر ، واقوم وأكثر بدائية . وهو ، من غير شك ، توصل الى اجمل اكتشافاته العلمية ، اكتشاف مركز الثقل في الهرم ، بالحدس والالهام .

ويبدو أنه نقل الى الفضاء التحليل المتعلق بالسطح ، في ما خص مركز الثقل في المثلث ثم عبر الى المثلث القاعدة المنتظم ، فاستطاع تحديد مركز الثقل في هذا الهرم عند نقطة التقاء المحاور (axes) (وهي المستقيمتان التي تجمع بين القمة ومركز الثقل في الوجه المقابل) ، وعلى مسافة الربع من القاعدة . ثم اكتشف ان المستقيمتان التي تصل بين اواسط الأضلاع المتقابلة ، في هرم مثلث القاعدة (تترايدر) تتقاطع ايضاً في مركز ثقله . واخيراً لقد عمم اكتشافه واكد ان مركز الثقل في أي هرم يقع على محوره ، في الربع منه ، انطلاقاً من القاعدة .

واستلهم «ليونارد» دراساته حول تحويل الأحجام من بعضها الى بعضها ، «بدون نقص ولا تزايد في المادة» من كتاب نيكولا دي كوي Nicolas de Cues : «De transmutatione geometricis» . (المكتوب حوالي سنة 1450) ولكنه استعمل - من اجل حل المسائل التي طرحها هذا الأخير - اجتماع عدة مكعبات في مكعب واحد ، وتحويل مكعب الى منشور قائم وبالعكس ، وهي مسائل تدور حول ادخال متوسطين نسبين بين كميتين معينتين : أساليب تعلمها من فاللا (Valla) . وعلى كلٍ ابتكر «ليونارد» تحويلات اصيلة ، كتحويل مكعب مثلاً الى هرم .

وقد أثارت هليلات ايبوقراط Hippocrate ، اهتمامه : وزيادة على الاشارات الكثيرة المدونة في «دفاثره» ، حاول سنة 1514 ، ان يؤلف بشأنها دراسة «De ludo geometricis» ظلت ، ككل اعماله ، غير مكتملة ، هذا الاهتمام ربما تفسره القيمة الجمالية لهذه الهليلات التي يمزجها ليونارد Leonard وبشكل بل باشكال لا يتصورها الخيال ، مع قرنها بصور اخرى . في هذه الأثناء يكتشف بعض المقترحات الهندسية ، البسيطة بالتأكيد ، انما غير المعروفة حتى ذلك الحين ، على الأقل في الغرب . وبناء عليه قرر ان يجمع الهليلات المبنية على الأضلاع الثلاثة في مطلق مثلث مستقيم يساوي مساحة المثلث المذكور .

ونشير أخيراً الى الحل المدهش الميكانيكي (بواسطة بركار خاص) لمسألة بصرية تسمى مسألة (ابن الهيثم Alhazen) (يزايع المجلد 1 ، القسم الثالث ، الفصل الثاني) التي حُلّت هندسياً بعد مئة وخمسين سنة من قبل هويجنس (Huygens) . ويقضي هذا الحل معرفة عميقة واستثنائية ، بالنسبة الى ذلك الزمن ، لخصائص المقاطع المخروطية (Coniques) .

II - القرن السادس عشر : من الجبر البياني إلى الجبر الموجز

تتصدر فائدة «جامع» (سوما Summa) لوكا باسيولي Luca Pacioli ، بصورة أساسية ،

من قيمته التمثيلية ، ومن دوره التاريخي . وإذا كان المستوى النظري لهذا العمل غير مكتمل ، وإذا كانت بعض أخطاء الحساب تشوّهه ، فبالقابل ، ان عبقرية مؤلفه الجبرية ملحوظة وبارزة فيه . فبالنسبة الى « باسيولي » ان كل مشكلة - مهما كانت معقدة ، اذا امكن ردها الى معادلة من الدرجة الثانية ، ذات جذور حقيقية وإيجابية ، - هي مشكلة محلولة . من هنا بالذات يدل « باسيولي » على مهمة خلفائه : حل المعادلات ذات الدرجة العالية ، وهي مهمة يدل انجازها على ذروة وعلى نهاية الجبر « الموجز » ، كما مارسه هو بنفسه .

الواقع انه الى جانب هذه المسألة ، هناك مسألة أخرى طرحت نفسها على اهل الحساب وعلى علماء الجبر في القرن الخامس عشر : هي مسألة تبسيطاً وتوحيد القواعد العلمية ، وكذلك وضع وايجاد تعابير متماسكة وترميز ملائم .

ونلاحظ بغرابة ، عند ملاحظة المهمتين ، نوعاً من « تقسيم العمل » . ففي حين كان يتم في المانيا وضع الترميز الجديد ، ظلت ايطاليا عموماً أمينة للتراث ولكنها حققت تقدماً حاسماً في علم الرياضيات .

الأئسنة وتعليم الرياضيات : رغم هذا لم يختلف الاتجاه العام في الفكر العلمي ، في النصف الأول ، عن الاتجاه السائد في القرن 15 : استعادة العلم الوسيطى والكلاسيكي وانتشاره في طبقات أوسع من السكان . وعلى كل أن هذه الحركة - التي تجلّت في طبع وإعادة طبع مؤلفات الماضي ⁽¹⁾ ثم في نشر الكتب باللاتينية وباللغات المحلية - تسارعت وتعاضمت ، لأن مكانة ودور الرياضيات في التعليم أخذتا يتزايدان بدون توقف ، كما تعاضمت أهميتهما في وجدان الانسان المثقف في ذلك الحين وفي وجدان المطبق الذي يتعلم الرياضيات ليستفيد منها مادياً .

وإذا كان تعليم الرياضيات قسماً من البرامج في كلية الفنون في الجامعات الوسيطية ، فان مستواه قلماً كان مرتفعاً : من وجهة النظر الجامعية ، ان كبار الرياضيين من القرن الثالث عشر والرابع

(1) من ذلك ان اقليدس Euclide قد نشرت كتبه عدة مرات ، باللاتينية ، وسنداً لعدة تراجم ، في سنة 1533 ، باللغة الاغريقية مع تفسير بروكلوس Proclus . وفي سنة 1543 و 1575 بالاطالية . وفي سنة 1564 - 1565 (الكتب التسعة الأولى) بالفرنسية . وفي 1570 بالانكليزية . وطبع له طبعة بالعربية سنة 1594 . كل هذا دون ذكر الطبعات الجزئية ، للكتب الستة الأولى . وظهر ابولونيوس Apollonius باللاتينية سنة 1537 بترجمة رفيعة ، ولكن في سنة 1566 ظهرت طبعة كوماندينو Commandino . وقد نشر ارخيدس Archimede بصورة جزئية من قبل ل. غوريكو L. Gaurico سنة 1503 ثم بشكل اكثر كمالاً من قبل تارتاغليا Tartaglia الذي نشر باسمه الترجمة القديمة التي وضعها ج. موريكي G. de Moerbeke سنة 1543 . وباللاتينية ترجمة يعقوب كريمونا Jacopo du Cremona بكاملها ، من قبل فيناتوريوس Venetorius سنة 1544 (مع الطبعة الاغريقية للمبادئ) ، وفي ترجمة جديدة من قبل كوماندينو Commandino سنة

1558 . وأخيراً أكمل بابوس Pappus ، سنة 1588 سلسلة الأعمال الرياضية . أما المجسطي لبطليموس سنداً لطبعة 1515 (ترجمة جيرارد دي كريمونا ، نقلًا عن العربية) ، فقد نشرت له ترجمة جورج تريزوند Georges de Trébizonde (راجعها لوكا غوريكو نقلًا عن نص اخريفي (البندقية 1528) ، ثم الاغريقية « للمبادئ » التي أعدها سيمون غوينو (بال 1528) . وقد أعيد طبع ترجمات جيرارد كريمونا وجورج تريزوند عدة مرات بخلاف القرن السادس عشر . هذا عدا عن تيودوز ومينلاوس وايتوسيموس وهرون . الخ .

عشر كانوا قلة ، وفي القرن الرابع عشر والخامس عشر اقتصر تعليم العلوم الرياضية والفيزيائية على قليل من الحساب اللوغاريتمي وعلى قليل من الهندسة ومن علم الفلك ، والقليل القليل حقاً .

وفي النصف الثاني من القرن الخامس عشر كانت بولونيا وكراكوفيا تقريباً الجامعتين الوحيدتين اللتين نظمتا تعليم الرياضيات - خدمة لعلم الفلك ولعلم التنجيم - . ومنذ 1460 أصبح لكراكوفيا Cracovie كرسيان مختلفان مخصصان للعلوم الرياضية والفلكية (بما فيها علم التنجيم) . وكان من أهم عملي الأعلام في مدرسة كراكوفيا البرت برودزو Albert de Brudzewo . أحد أوائل معلمي كوبرنيك Copernic . فقرأ de Coelo لأرسطو Aristote وسفيرا Saphara لساكروبيوسكو Sacrobosco و Thes ricae novae planeta rum لبورباخ Peurbach . ولكنه علم أيضاً الرياضيات الخالصة : الهندسة والجبر .

وحوالى أواخر القرن الخامس عشر وفي بداية القرن 16 تغير الوضع تماماً . وانشئ كرسى للرياضيات البحثية في بولونية سنة 1496 من اجل سيبيون دل فرو Scipione del Ferro . وفي سنة 1500 نجدها ايضاً اكرسين لعلم الفلك بمحتلها سييون دي مونتو Scipione de Mantoue ودومينيكو ماريا دي نوفارا Domenica Maria da Novara . وكانت الرياضيات تعلم في توبنجن بعد 1494 . وفي سنة 1510 قام بتعليمها استاذ « عادي » وظهر « عالم فلكي » لا يعلم الا مادته - بما فيها علم التنجيم - سنة 1494 ، في جامعة انغولستاد . وفي سنة 1524 ، أصبح من يقوم بهذا التعليم بطرس ايبانوس Petrus Apianus « استاذ عادي لتعليم الفلك » . وكان للجامعة ويتبرخ كرسى للرياضيات منذ تأسيسها سنة 1502 . ثم أصبح هناك كرسيان سنة 1532 . وفتح مركز آخر للرياضيات في فينا ، شهره تعليم بورباخ Peurbach فيه ورجيومونتانوس Regio Montanus : وفي سنة 1501 اسس الامبراطور مكسيميليان Maxemilien الأول فيها « كلية للشعر والرياضيات » ولكنها لم تدم طويلاً ، ومن المحتمل ، على كل حال ان تكون هذه المبادرة قد ساعدت على انشاء كرسين للرياضيات وللفلك في جامعة فينا . وتبعت الجامعات القديمة - هيدلبرغ وارפורت وليزيغ - الحركة ، وإن متأخرة وفتحت منابر للرياضيات سنة 1532 في الكلية الملكية في باريس ، وفي سنة 1544 في جامعة كويمبر .

واستمرت الحركة حتى في مجال التعليم الثانوي : وتأثير مزدوج من الأنسنة ومن الرينفورم « الاصلاح الديني » ، وبحضور فيليب ميلانكتون Philipp Melanchthon ، وويلبالد بيرك هايمر Willibald Pirck Heimer ، فتح منبر للرياضيات في كلية نورمبرغ سنة 1562 . وكان صاحبه الأول جوان شونر Johann Schöner الذي نشر سنة 1533 : « De Triangulis Omnimodis » لرجيو مونتانوس Regiomontanus . وتحلق في دائرة بيركهيمر ومكتبته - أحد أهم مراكز الأنسنة الألمانية - فكران من الأفكار الأصلية في ذلك الزمن : جوهان ورنر Johann Werner والبرخت دورر Albrecht Dürer .

1 - المدرسة الألمانية واصلاح الترقيمات

العمل الهندسي وعلم المثلثات عند جون ورنر **Johann Werner** : كان جون ورنر **Johann Werner** (1468 - 1528) كاهناً من نورمبرغ، بدأ حياته العلمية كجغرافي ورسام خرائط . ومن هنا اضطر الى الاهتمام بالرياضيات وبعلم المثلثات. في سنة 1522 نشر في نورمبرغ مجموعة من الأعمال الرياضية وفيها « تأويل . . حول المسائل المتعلقة بتضعيف المكعب »، ومعه « ليلوس » **Libellus** . في هذا اليلوس - وهي أول دراسة اصيلة عن المخروطات في الغرب - لم يعالج « ورنر » الا « البارابول والايبربول »⁽¹⁾ ولم يذكر كلمة عن القطع الاهليلجي «إلليبيس»، ربما بسبب أن دراسته للمخروطات استخدمت كمدخل للدراسة لتضعيف المكعب. وقد عرّف المخروط ، على طريقة ابولونيوس. **Apollonius** ، وكأنه المساحة المولدة بمستقيم يتركز على محيط الدائرة ، ويمر بنقطة ثابتة واقعة خارج سطح هذه النقطة؛ وبالمقابل ان القطوعات المخروطية لاتعامل كرسوم مسطحة ، بل كرسوم مرسومة على المخروط ومنقولة إلى هذه المساحة . « والتأويل . . حول تضعيف المكعب » هو ترجمة حرة ، ومزادة . بملاحظات اصيلة من « تأويل » ابوتسيوس **Eutocius** ثم أن « ورنر » ألف كتاباً في علم المثلثات الكروية « المثلثات الكروية » مستعيناً بأعمال ريجيو مونتانيوس **Regiomontanus** . وتضمن هذا الكتاب عرضاً لاكتشافه الكبير : اكتشاف البروستافيرميس **Prostapheresis** ولطريقة في الحساب اسمها « برومستافيرتيك » وتتركز على المعادلات التالية بالترميز العصري :

$$\sin \alpha . \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)]$$

$$\cos \alpha . \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) + \cos (\alpha + \beta)]$$

وهذا الأسلوب يتيح استبدال الضرب بالجمع والطرح وقد وسعه ريتيكوس **Rheticus** ، وتيكو براهي **Tycho Brahe** ومعاونوه . وقد أدى للحسابيين في القرن السادس عشر خدمات كالتي تؤديها جداول اللوغاريتم .

وبقي كتاب ورنر **Werner** غير مطبوع وانتقل الى جورج هارتمن **Georg Hartmann** سنة 1542 والى ريتيكوس **Rheticus** الذي استفاد فيه في اعماله واعد طبعة جزئية له اسمها « المثلث الكروي كراكوفيا 1557 » . ووجد مخطوط « ورنر » في مكتبة الفاتيكان سنة 1901 فطبعه بجورنبو **A. Björnbo** طبعة منتقلة .

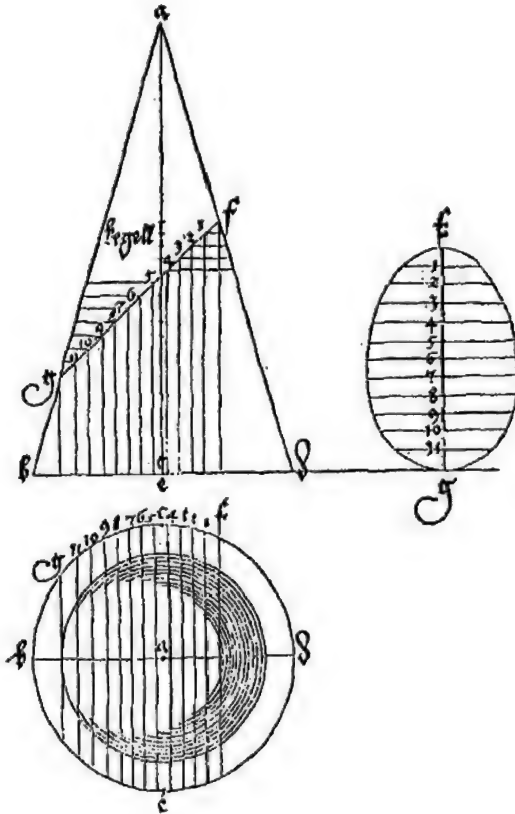
دورر **Dürer** والرياضيات : لم يكن البرخت دورر **Albrecht Dürer** عبقرية فذة من مستوى «ليونارد دافنشي» . ولكنه رياضي مساو له . وكتابة « تعليمات كيف نقيس بالبركار والمسطرة » (نورمبرغ 1525) . يحتل مركزاً محترماً في الأدب الهندسي في القرن السادس عشر .

وهذا الكتاب ليس كتاباً نظرياً . بل هو موجه للتقنيين والرسامين والمهندسين المعماريين والى المحترفين ليعلمهم فن خط الرسم الهندسي . ولكنه ليس مجموعة بسيطة من القواعد والمبادئ . انه

(1) البارابول هو القطع المكافئ والإيبربول القطع الزائد .

يطمح إلى أن يكون علمياً فيؤسس الفن - أو التطبيق - على العلم ولهذا لا يورد المبادئ والقواعد بدون التبيان والشرح . انه اول كتاب علمي تطبيقي وضع بين يدي التقنيين وبسبب قيمته الفكرية العالية احتل هذا الكتاب مكانته ، رغم انه مكتوب باللغة العامية وترجم الى اللاتينية بسرعة .

خصص الكتاب الأول من مؤلف « دورر » « تعليمات حول كيفية استعمال البركار . . » للمنحنيات فقط . فقد كان « دورر » مهتم كثيراً بالحلزونية ، ربما لأسباب جمالية ، وعلم كيفية رسم الخطوط الحلزونية بواسطة البركار . ودرس أيضاً خطوطاً أكثر تعقيداً مثل ابيسكلويد والكونكويد وسماها الصدفة . وهي تتكون بانزلاق مستقيم معين فوق زاوية قائمة بحيث يقطعه أحد اضلاع الزاوية في نقطة معينة . وثرسم المخروطات بواسطة النقط ، ولهذا وكذلك لرسم المراوح Hélices



صورة 1 : مبسوط لقطع اهليلجي لمخروط دائري بمن وضع دورر . .

استعمل « دور » أسلوب الإسقاط المزدوج العامودي . . . وبدا هكذا وكأنه سلف مونج Monge في الهندسة الوصفية .

أما كتابه الثاني في مؤلفه المذكور فيعلم بناء المتعددة الأضلاع المنتظمة ومنها المسبعات والتسبعية الأضلاع . . . وفي الكتاب الرابع في نفس المؤلف يدرس « دور » الأجسام المنتظمة ونصف المنتظمة بأسلوب ذكي جداً باعتبارها سطوحاً ينشرها فوق مسطح . وينتهي كتاب « التعليمات » بعرض اختراعين تقنيين لتحسين أساليب الأبعاد عند البرقي ونذكر أن « دور » نشر كتابين آخرين بخصوص أساليب التحصين ، ولدراسة أبعاد الجسم البشري .

لا مرغريتا فيلوسوفيك La Margarita philosophica : ندرس الآن الكتب المخصصة « الرجل الشريف » في القرن السادس عشر، هذا الانسان الراضي بالقليل يومئذ . لا شك أن جورج فاللا Giorgio Valla ، الذي ترجم الى اللاتينية سلسلة من الكتب العلمية اليونانية ، خصص ثلاثة كتب من مؤلفه المسمى « اكسپيدنتيس Des expédientis » (طبع بعد موته في البندقية سنة 1501) للحساب مستنداً على حساب مكسيم بلانود Maxime Planude (كما خصص ستة اقسام من كتابه للهندسة وسار بها - لأول مرة في الغرب - حتى المقاطع المخروطية . كما قدم أيضاً ترجمة لتفسير ايتوسيسيوس Eutocius عن أرخميدس Archimède ، وعن تفسير سمبليسيوس Simplicius عن الهليليات عند ابوقراط ولكن كتابه بقي استثنائياً ولم ينجح ابداً . ولكن كتاب « مارغريتا فيلوزوفيك » لمؤلفه الكاهن غريغوار ريش Chartreux Gregorius Reisch بدا في ذلك الزمان أكثر تميزاً (طبع هذا الكتاب سنة 1503 في فريبورغ واعيد طبعه كثيراً . خلال القرن السادس عشر مع ملحق واستدراكات من بعض الناشرين) . وفي الصفحات المخصصة للحساب النظري والعملية (وقد خصص حوالي ثلاثين صفحة لكل موضوع) وللهندسة النظرية والعملية أيضاً ، لا يقدم لنا ريش Reisch (على الأقل بالنسبة الى الأقسام النظرية) الا خلاصات جيدة مأخوذة من كتب كلاسيكية كتبها بويس Boèce . ورغم أن « ريش » يكتب باللاتينية وليس باللغة العامية وتوجهه الى المثقفين ، رغم ذلك فهو يهتم لا بالنواحي النظرية من هذه العلوم بل بالناحية العملية التطبيقية . والحساب - وقد سار فيه حتى القاعدة الثلاثية هو قبل كل شيء العلم او الفن الحسابي : حساب بواسطة الفيشة أو حساب بالقلم . ويعلم « ريش » الأسلوبين . فيعلم الأسلوب الثاني بشكله العادي وبشكله الستيني (وهذا الحساب ضروري للمسابقات الكهنوتية ولعلم الفلك ولهذا علم طيلة القرن السادس عشر) . وكذلك الهندسة : انها قبل كل شيء فن القياس الذي يستطيع ، في تطبيقاته العملية ، الاستغناء عن الدقة النظرية المستحيلة وهذا المفهوم العملي يبدو من خلال الجداول الرمزية التي تزين الصفحات الفاصلة بين الكتب او الأقسام المخصصة لمختلف فروع الرياضيات . وهكذا من بين الأشياء التي تحيط بكتاب « الهندسة » يوجد برميل وفوقه مقياس للسعة تبياناً لاهميتها ، ذلك أن فن قياس سعة البراميل يحتمل في ألمانيا ، من بين التطبيقات الهندسية ، مكانة مختارة شبيهة بمكانة الحساب التعدادي بالفيشة في مجال الحساب العملي .

كتب الحساب وتطور الرموز الترقيمية - كريستوف رودولف **Christoph Rudolff** : ان الانتاج الرياضي في القرن السادس عشر ، الغزير (بعض مئات الكتب) يتألف في معظمه من كتب موجزة ، لا تقدم اكتشافات مهمة ، ولكنها لعبت دوراً من الدرجة الأولى في تنظيم المعرفة المكتسبة من حيث عرضها وتنظيمها ، وخاصة في المانيا ، في وضع الترميز الجبري .

من بين أوائل الكتب المتداولة في الرياضيات باللغة الألمانية ، خلال القرن 16 نجب الإشارة الى كتب آدم ريز **Adam Riese** ، معلم مكلف بتعليم الحساب في أوفورت وأنابرغ (1525) . وقد عرف شعبية كبيرة حتى ان اسمه اصبح مرادفاً للحاسب . وهو كان واعياً للصعوبات التي يقترن بها تعلم فن العد بالفيشة المعقد والدقيق ، وكذلك العد بالأرقام ، ولهذا اعد كتاباً واضحة جداً . وأولها كتاب حساب على أساس الفيشة (1518) ادخله في كتابه الكبير (**Rechnung**) (أوفورت 1522) .

وفي سنة 1550 نشر « ريز » كتاباً كاملاً بالحساب « **Rechnung** » وفيه ينحاز تماماً للحساب بالقلم . هذا الحساب العملي ، الأفضل في القرن 16 كان الأكثر انتشاراً طيلة القرن (38 طبعة طيلة القرن) .

أول كتاب عملي باللغة الألمانية كان كتاب « كريستوف رودولف » : « **Behend und hubsch** » (ستراسبورغ 1525 وأعاد طبعه ستيفل سنة 1553) . ولاعداد هذا « الجبر » (**cooss**) استعمل « رودولف » كتاب « ريز » الذي بقي بدون طبع ، وكذلك مخطوطة تعود الى بداية القرن 16 ، تبين كيفية استعمال العلامات + و - من قبل الجبريين . وثار « رودولف » ضد التعقيدات والتكثير من القواعد غير المفيدة . . وكان واعياً جداً لقيمة ولاهية التدليل ، في الجبر ، بواسطة العلاقات الخاصة بالمقادير والعمليات . إلا ان « رودولف » في ترميزه لا يجدد إلا جزئياً . فهو يستعمل عبارات و « اشارات جبرية (**coossiques**) سبق استعمالها ، مع بعض التغيير ، في عدة مخطوطات المانية من القرن 15 . حروف ورموز مؤلفة من الأحرف الأولى (الأحرف العظمية) من اسماء المتغيرات (راجع الصورة 2) :

الصورة 2 - إشارات الجبر الكوسني منذ « الجبر » رودولف (1525) : ثابتة ثم المتغيرات التسعة الأولى للمجهول .

g	dragma oder numerus	ß	fursolidum
ae	radix	z	zensficus
z	zensus	bz	biffursolidum
cc	cubus	zzz	zenszensdezens
zz	zensdezens	ccc	cubus de cubo

لقد نحل « رودولف » عن الحرف **R** وتبقى إشارات خاصة منها استتو ترميزنا ، وبهذا بدا أكثر ثورية :

✓ جذر تكعيبي **W** جذر تربيعي **W** .

إنه ترميز ناقص ولا شك وقد حاول ستيفل Stifel أن يحسبه .

وقد تميز كتاب بتروس ابيانوس Petrus Apianus (= بينيفتزه أو بينيوفتيز Bienevitz ou Benewitz) (Eyn Neue und Wolge gründte) (انغولستاد 1527) ، من جهة لأنه مثل شوكيه Chuquet وربما بتأثير منه حدد عند الصفر أول حد من حدود التضاعدية الحسابية التي وضعها متطابقة مع عدة تصاعديات هندسية . وقد ركز على أمر هو من أجل ضرب اعداد هذه السلسلة فيها: بينها يكفي جمع مثقلاتها « Exposants » (الحدود المقابلة في السلسلة الحسابية) وقد سماها « التواقيع أو المؤشرات » . ومن جهة أخرى ، وهذا ما اعطى لكتابه أهمية اكيدة في تاريخ الرياضيات الأوروبية ، عرض ابيانوس Apianus في كتابه المثلث الحسابي المسمى مثلث باسكال (Pascal) . والذي عرفها العرب والصينيون منذ زمن بعيد (راجع مجلد واحد القسم الثالث ، الفصلان 2 و 4) والذي جهله الغرب حتى ذلك الحين . والاهتمام المبذول بارز بفعل أنه أعاد ابرازه أي المثلث الحسابي على الصفحة الخارجية من كتابه . وقبل أن يدرس بشكل منهجي من قبل « باسكال » (1654) أعاد كثيرون رسم هذا المثلث الحسابي خلال القرن السادس عشر والسابع عشر ، ومنهم ستيفل Stifel ، وشيول Scheubel في ألمانيا ، وييلته Peletier في فرنسا وتارتاغليا Tartaglia وبومبيلي في إيطاليا واوترد Oughtred في إنجلترا .

والعمل العلمي عند ابيانوس Apianus متنوع جداً ، فقد اعد نشر « Ponderibus » لمؤلفه جوردان نوراريوس Jordanus Nemorarius (1533) . كما أعاد طبع التيوريكالبورباخ Peurbach (1534) والأوتيكالويتلو Witelo (1535) . أما كتابه كوسموغرافيا Cosmographia (لاندشوت 1524) المعاد طبعه من قبل جماً فريزيوس Gemma Frisius سنة 1533 فقد أعيد طبعه كثيراً وترجم خلال القرن السادس عشر . وأما كتابه حول الفلك التنجيمي (انغولستاد 1540) فهو مخطوط مدهش تبدو فيه عملية تحركات الكواكب من خلال رسوم متحركة رائعة . ونشر ابيانوس Apianus سنة 1533 أول جدول للجيب Sinus المطبوع (الزاوية من صفر إلى تسعين متغيرة من دقة إلى أخرى باعتبار الشعاع Sinus totus يعادل 10^5) مستعملاً مخطوطات رجيومونتانتوس Regiomantanus الذي نشر شونر Schöner جداوله سنة 1541 . وتضمن كتابه المسمى انسترومانت بوش Instrument Busch (انغولستاد 1533 ، ترجمة لاتينية 1534) وصفاً لآلة لتحديد تلقائياً الجيوب والجيوب المقلوبة في زوايا الربع الأول من أصل أرباع الدائرة .

كان جماً فريزيوس Gemma Frisius (1508 - 1555) استاذاً في لوفان - واشتهر بأنه أحد الأوائل الذين اقترحوا تحديد خطوط الطول بواسطة الفرق بين الأزمنة المحلية ، وبأنه كان الأول في اقتراح تحديد المسافات بين نقطتين بواسطة تثليث حتى (1533) . ولكنه في زمنه اشتهر قبل كل شيء بكتابه ارنميتيكا أو الحساب الميسر بالاليب سهلة (انفرس 1540) . وهذا الكتاب هو أكثر الكتب الجامعية شعبية في القرن السادس عشر (60 طبعة قبل 1600 وطبعات كثيرة في القرن السابع عشر) . وقد مدحه معاصروه لوضوحه وبساطته خاصة فيما يتعلق بعملية استخراج الجذور الصعبة .

مؤلفات ستيفل Stifel : أن ميشيل ستيفل Michael Stifel (1487 - 1567) الذي وضع
 ارثمييتيكا انتجرا Arithmetica integra (نورامبورغ 1544) والذي كتب له ميلانكثون
 Melanchthon مقدمته ، دوتش ارثمييتيكا Deutsche arithmetica (1545) ، ثم طبعه طبعة ثانية
 وزاد عليه من كوس رودولف Coss Rudolff (1553-1554) ، يعتبر مع جون
 ورنر Johann werner واحداً من الرياضيين الألمان الأكثر نبوغاً في عصره . وهو يجد الميل الى
 التبسيط والى المنهجية في النظرية وفي الترميز ، خاصة في الرياضيين الألمان يومئذ . وبرزت هذه
 الخاصية فيه بشكل حاسم واضح ، وستيفل Stifel لم يكن محاسباً محترفاً ولا جامعياً ، بل كان متعصباً
 للوثر Luther ، وظل لسنوات طويلة واعظاً متجولاً باسم الإصلاح الديني ، وقد جذبته في بادئ
 الأمر صوفية الأعداد . وكان كتابه الأول (1532) يتضمن تنبؤاً مبنياً على تفسير نبوءات دانيال
 Daniel . تفسيراً عديداً ، بالتاريخ وحتى بالساعة التي ينتهي فيها العالم (في سنة 1532) ولكن فشل هذه
 النبوة وتوبخ لوثر Luther له حلاه - لفترة قصيرة - على دراسة الرياضيات البحتة ، وبصورة خاصة
 دراسة كوس رودولف Rudolff ، ثم أعمال نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، وريز Riese ،
 ودورر Dürer ، وكاردان Cardan . فضلاً عن ذلك وصلت إليه بغض تصورات شوكيه Chuquet .

والشيء الملفت في كتابه ارثمييتيكا Arithmetica integra لسنة 1544 ، هو الأهمية التي يعلقها
 « ستيفل » على دراسة التصاعديات (الحساب والهندسة) . فهو لم يكتف بتخصيص فصل من كتابه لهذه
 التصاعديات بل فسرها مرتين بأن الرابط بين هاتين التصاعديتين يتضمن مفتاح كل الحساب وكل
 الجبر . وكانت اصداء هذا التصور المأخوذ عن شوكيه Chuquet موجودة هنا وهناك في كتب الجبر
 ولكن أياً منها لم تكن عنده الشجاعة لاتباعها حتى النهاية ، وبالتالي تطويل السلسلة الحسابية في مجال
 الأعداد السلبية . ولكن « ستيفل » قام بالأمر بدون تردد . واعتبر الأسس السلبية - والى
 « ستيفل » يعود الفضل في تسمية كلمة Exposant - تتطابق تماماً مع الأسس الايجابية .
 وارتدت السلسلتان عنده الشكل التالي :

.....	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	.....
.....	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8	16	32	...

ويوضح « ستيفل » ان السلسلتين يمكن أن نعددا الى اللانهاية .

ويعالج كتاب الأرثمييتيكا الأعداد الصحيحة (ذات الجذر الصحيح) والأعداد غير الجذرية كما
 يعالج الجبر . ولا استخراج الجذور يستعمل « ستيفل » بصورة منهجية « المثلث الحسابي » ، ويحسبه حتى
 السطر السابع عشر ، ويضيف أن قاعدة التكوين تسمح بحمد الجدول حتى اللانهاية . واستند الى
 اقليدس Euclide فقال بأن الأعداد غير الجذرية ليست اعداداً بحق . لا شك أن لها شيء من الواقع
 إلا أنها ترتدي نوعاً من اللانهاية وبالتالي من اللاعدودية ، وهي مثل الحد اللانهاية ليست

اعداداً حقة . وقد نقل « ستيفل Stifel » هذا التصور الى الهندسة مقتنياً اثر نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، فميز بين الدائرة الرياضية والدائرة الفيزيائية لاختلاف الخصائص بينهما .

وفي الكتاب 3 حاول « ستيفل » متمشياً مع الاتجاه الذي طرحه رودولف Rudolff ، وربما متأثراً بمنحى كاردان Cardan ان يقلص تعدد القواعد الكوسية وان يستبدلها بقاعدة واحدة يمكن ان تلخص كما يلي : من اجل حل مسألة معينة يجب وضع معادلة باسـط حالتها (أي الحالة التي يكون فيها الجـد ذو الدرجة العليا من المجهول في جهة ، وكل الباقي في جهة اخرى) ثم قسمة المعادلة على معامل (Coefficient) هو المعامل ذو الحد الأعلى ، ثم استخراج الجذر التربيعي من التعبير المعادل للمجهول .

وبساطة هذه القاعدة ظاهرية اكثر مما هي فعلية وبعددها تظهر الاشكال التقليدية في الأمثلة . وبهذا الشأن لا يقبل « ستيفل » معادلات تكون فيها الحدود الايجابية مساوية لحدود مزودة بإشارة سلبية ، كما انه يرفض الجذور السلبية في المعادلة . وهذا الرفض يبدو غريباً لأن « ستيفل » في امكنة أخرى لا يرفض الأعداد السلبية . ولكن هذه في نظره ليست أعداداً حقة بل اعداداً مستحيلة ما دعنا نفترضها أقل من الصفر .

ويتهـي كتابه بسلسلة من المسائل الصعبة مأخوذة غالباً عن براكتيكا ارثميـتيكا (1539) الذي وضعه كاردان Cardan وهي تؤدي أحياناً الى معادلات من الدرجة الثالثة أو الرابعة . ويجاري « ستيفل » وهو يستعمل الاشارتين + و - ، « رودولف » في ترميز الدالة الأسية (Puissances) . ويعتمد الإشارة $\sqrt{\quad}$ وكأنها المعادل لـ x^2 وتعني جذر ولكنه يضيف اليها إشارة كوسية لكي يدل على مرتبتها وهكذا يعتمد : $\sqrt[3]{\quad}$ و $\sqrt[4]{\quad}$ و $\sqrt[5]{\quad}$ للدلالة على $\sqrt[5]{x}$ و $\sqrt[4]{x}$ و $\sqrt[3]{x}$. ويبدو أن « ستيفل » أراد أن يبرز التطابق بين القوة والجذر .

وفي الدوتش ارثميـتيكا يعتمد « ستيفل » ترميزاً قريباً من ترميز « رودولف » ولكنه في الطبعة المعتادة ، لكتاب كوس COSS لـ « رودولف » عاد الى ترميزه الخاص ، الذي بسطه في حالة الجذر التربيعي ، فكتب $\sqrt{\quad}$ بدون إشارة فوقها . وهذا الاستعمال شاع بعده . وانتشر ترميز « ستيفل » بسرعة ، في ألمانيا كما في فرنسا وفي انكلترا وحتى في ايطاليا .

وفي المسائل التي تبدو فيها عدة مجهولات ، يسمى « ستيفل » هذه المجهولات : جذراً ثانياً ، ثالثاً ، الخ ويشير اليها بالأحرف A, B, C, مكررة عدداً من المرات يعادل الدرجة التي تعطي رقماً يوضع فوق مجموع الحروف .

وهكذا نكون على عتبة الترميز العصري ، ويمكن التعجب من عدم تخطي « ستيفل » لها - خاصة ان فكرنا بالتطابق الذي يجريه بين الأعداد والأشياء أو القوى Puissances ، وبالدلالة على المجهولات بالحروف ، وبدلنا عجزه عن القيام بالخطوة الحاسمة ، إلى أنه كي ينتقل من الترميز المجتزأ « Syncopée » الى الترميز الرمزي ، كان عليه أن يتخطى صعوبة أساسية : النجاح في تجزئ

العمليات من الأشياء التي تطبق عليها ، أو تتناولها ، وجعلها مواضيع خاصة فكرية خالصة . ولن نعجب إذن من ضرورة وجود شخص مثل فيات (Viète) أو حتى مثل رديكارث Descartes ، ليقوم بهذا العمل الواعي .

2 - المدرسة الإيطالية وتجديد الجبر

الكتب : في هذا القسم الأول من القرن السادس عشر ، وفيه حاول الرياضيون الألمان أن يبسطوا القواعد الجبرية ، ووضع نظام ترميزي أكثر تماسكاً وأكثر منهجية ، كان الإنتاج الرياضي الإيطالي فقيراً نسبياً . فأعيد طبع كتاب بيترو برجي Pietro Borghi (ثلاث طبعات في القرن 15 و 12 في القرن 16) وكتاب « سوما » Summa لباسولي Pacioli . ومن بين الكتب الجديدة يشار إلى كتب جيرولامو Girolamo و吉安 انطونيو تاغليانتي Gian Antonio Tagliente (أوبرا شي . . . Opera Che) البندقية 1515 ، فضلاً عن 30 طبعة في القرن 16) لكتاب فرانسيسكو فليسبانو دا ليززو Francesco Feliciano da Lazesio (ليرو دي اباكو ، Libro de Abaco البندقية 1517) ، وفرانسيسكو غاليجي Francesco Ghaligai (فلورنسا 1521) .

ان ايأ من هذه الكتب لا يأتي بشيء جديد ، ويحاول كتاب غاليجي Ghaligai أن يدخل ترميزاً جبرياً بواسطة الرسوم الهندسية ، الضعفة الاستعمال ، ولكن هذا الترميز لم ينجح . وظل الرياضيون الإيطاليون امناء كلياً لنظام باسولي Pacioli ، ولم يتقدموا خطوة إلى الامام الا مع بومبيلي Bombelli .

الاتنتاج الجبري في المدرسة الإيطالية : وكما سبق القول ، ظهرت في ايطاليا ، تباعاً ، سلسلة من الرياضيين المرموقين : Scipione del Ferro, Tartaglia, Cardan, Ferrari, Bombelli الذين لم يستطع جماعة ما وراء الألب ، حتى ستيفن Stevin وفيات Viète ، مباراتهم ولا بحاراتهم ، وبواسطة هؤلاء حصل الاختراق الذي حمل العلم الغربي إلى افاق لم يصلها الا الأقدمون ولا العرب والذي حوّل الجبر من « مجتزأ » إلى جبر رمزي . هذا التقدم الخامس هو حل المعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة من قبل فرو Ferro وتارتغليا Tartaglia وكاردان Cardan وفراري Ferrari . وبدولنا أنه من الطبيعي ، بعد الحصول على حل للمعادلة من الدرجة الثانية ، انتقل الفكر الرياضي للبحث عن حلول للمعادلات من درجات اعلى ، ويلزم لذلك الكثير من العبقرية ومن الشجاعة ، لرياضي في مطلع القرن 16 لكي يسير في طريق لم يسقه فيها أحد ، بحيث يكون . عقفاً ان يعتقد انها غير سالكة .

الصراع حول المعادلة من الدرجة الثالثة ومحركوها الأوائل : يعتبر تاريخ اكتشاف حل المعادلة من الدرجة الثالثة مشهوراً من بين الجميع . انه تاريخ أول معركة علمية كبيرة ، معركة متعبة وعقيمة تشبه الخصومات التي كانت تدور حول الأفضلية والتي كانت تسمم جو «جمهورية الآداب » في القرن السابع عشر والقرن الثامن عشر . وهذا التاريخ بقي رغم الدراسات العديدة التي خصصت له ، غامضاً نوعاً ما : فالمستندات الأساسية تنقصنا ، اما الشهود على القضية وهم شهود لصالح انفسهم ، مثل

«تارتغليا» و«كاردان» و«فيراري»، قلما يوحون بالثقة المطلقة. والمحرك الأول لهذه المسألة: سيبون دلفيرو Scipione del Ferro (1465-1526) غير معروف لدينا إلا أنه كان استاذاً في جامعة بولونيا من سنة 1496 إلى 1526. امانيكول تارتغليا Niccolo Tartaglia فكان رجلاً صعلوكاً. ولد في برسيا حوالي 1500. وفي 1512 جرح في وجهه أثناء نهب مدينته من قبل جيش غاستون دي فوا Gaston de Foix. وظل لمدة طويلة يمنعه الجرح وتفاعلاته من حسن لفظ الكلام. ومن هنا لقبه تارتغليا العيى Tartaglia (le bègue). وهذا اللقب لازمه طول حياته. لم يتسبب الى أية جامعة ولكنه أعطى دروساً عامة وخاصة في فيروننا ومانتو والبندقية حيث استقر سنة 1534. ومات سنة 1557.

أما جيروم كاردان Jérôme Cardan (Gerolamo Cardano) فشيء آخر. لقد كان شخصية بارزة. وابناً بحق لعصر النهضة الايطالي حيث كان طبيباً وفيلسوفاً ومنجماً ورياضياً وربما ساحراً، وكاتباً غزيراً، ولا أحد مثله يمثل عبارة سيناك الشهيرة nullum unquam magnum ingenium sine mixtura dementiae كما يقول جينولوريا Ginoloria. ولد كاردان في بافي سنة 1501. ودرس فيها وفي بادو حيث تخرج طبيباً. وقد ذاع صيته في أوروبا كطبيب. وعلم على التوالي في ميلان وبافي وبولونيا، ولم يترك أمكنته هذه الا بعد حوادث مأسوية نوعاً ما. وفي سنة 1571 لجأ الى روما حيث حصل على معاش تقاعدي من البابا ومات فيها سنة 1576.

أما ليدوفيكو فراري Ludovico Ferrari فهو التلميذ الذي يليق بكاردان Cardan، فقد كان مقامراً ملجداً متحللاً. رافق «كاردان» ثم أصبح تلميذه. ولد هذا العبقري في الرياضيات سنة 1522. وفي سن الـ 23 وجد حلاً للمعادلة من الدرجة الرابعة، وكان سنه 21. سنة حين حصل على منبر في ميلان، ثم كلف بضبط المساحة في دوقية ميلان. وترك هذا المركز وذهب الى بولونيا حيث نال سنة 1565 لقب دكتور. وحصل على منبر فيها حيث مات في نفس السنة بعد أن سمّت له أخته على ما يبدو.

الاكتشافات الأولى - في بداية القرن 16 عثر سيبون فرو Scipione del Ferro على حل لشكل من اشكال المعادلة من الدرجة الرابعة وهي $x^3 + ax = b$. ولم ينشر هذا الحل ولم يعمله الا لبعض خاصته شرط كتمانته. وكان منهم أشهر تلاميذه المعروفين انطون ماريا فيور Anton Maria Fior. وتحدث «فيور» «تارتغليا» لمبارزة في الرياضيات طرح عليه فيها سلسلة من المسائل تعود الى معادلة «فرو» وكان «تارتغليا» قد عرضت عليه منذ عدة سنوات مسائل مشابهة من قبل شخص اسمه زيان دي كوا Zuanne da Coi، وفهم عندئذ ان هناك حلاً للمسألة. وبجهد خارق استطاع ان يعثر على حل قبل أيام من نهاية المسابقة، كما اكتشف حلاً للمعادلة: $x^3 + ax^2 = b$. وهذا ما مكّنه في النهاية من حل 30 مسألة مطروحة وبسهولة خالصة. اما المسائل التي طرحها «تارتغليا» على «فيور» فيقول «توتغليا» ان هذا الأخير عجز عن حلها. والأمر الغريب ان «تارتغليا» بدوره كتم

المرو ولم ينشر اكتشافه العظيم . وكتابه نوفا سينتا La Nova scientia الذي نشره سنة 1537 عالج مسألة القاذفات ولم يبحث في الجبر .

تدخل كاردان : عندها دخل كاردان Cardan في اللعبة . وفي سنة 1538 أعلم «تارتغليا» أنه يعد كتاباً عن الجبر وطلب منه ان يعطيه « القاعدة » . ووعد ان لا ينشرها الا باسم مبتكرها . ولكن «تارتغليا» رفض .

وكان كتاب كاردان Cardan بركيكا ارتميتيكا Practica Arithmeticae (ميلانو 1539) كتاباً من الدرجة الثانية ، ولكن « كاردان » بدأ فيه جبرياً ذكياً لا يبارى . ونشر الى معالجته الكاملة للتصاعدية الحسابية والهندسية والى سلاسل الأسيات Puissances . وفيه قبل بالأرقام وبالجذور السلية ، لأول مرة بعد «شوكيه» ، حيث اعتبرها شرعية ، أما الحالة الخيالية فقد أعلن انها مستحيلة فقط . وخصص فصلاً لمسألة الأقسام Les partis . ويقدم لها «كاردان» حلاً يختلف عن حل «باسيولي» ولكن أكثر تعقيداً وخطأ ايضاً . اما ترميزاته المأخوذة من «باسيولي» فأكثر تعقيداً ، ولكنه عاجلها بمهارة ملحوظة . ولكن الشيء الذي يثير الاعجاب ، هو مهارته في معالجة المسائل الخاصة المعينة مثل اختيار المجهول ، والتحويل الى معادلة ، ثم استخدام المقادير الإضافية . فضلاً عن ذلك درس عدداً من المعادلات من الدرجة الثالثة حولها المعادلات تربيعية بأكملها أو بتفكيكها الى عناصر أو عوامل .

واهتمامه بهذه المعادلات يفسر مسعاه العقيم لدى «تارتغليا» ، الا أن «كاردان» لم يئأس وكرر محاولاته حتى استجاب له «تارتغليا» واعطاه الحل انما بشكل شعر منظوم . وعرف هذا الحل باسم «صيغة كاردان» . ويقوم ، (من اجل حل المعادلة $x^3 + px = q$) على ادخال مجهولين اضافيين v و u بحيث أن uv يساوي $(p/3)^3$ و $q = u - v$ ، ويتج عن ذلك أن :

$$x = \sqrt[3]{u} - \sqrt[3]{v} = \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} - \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} .$$

ويطبق تغيير أو تبديل في المتغيرات مماثل ، على المعادلة $x^3 = px + q$.

وفي سنة 1539 رفض «تارتغليا» الاجابة على أسئلة تتعلق بالحالة المسماة « مستعصية » والتي عنوانها الا معادلة التالية $\left(\frac{q}{2}\right)^3 > \left(\frac{p}{3}\right)^3$ التي تجعل التعبير :

$$\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}$$

مستحيلاً (خيالياً) .

وقد لاحظ « كاردان » عندئذ أن المعادلة تقبل في هذه الحالة حلاً بل وثلاثة حلول صحيحة .

الفن الأسمى «آر ماغنا» : اصدر « كاردان » كتابه آر مغنا بعد أن اعتقد أنه تجاوز في نظريته «تارتغليا» (نورنبورغ 1545) دون ان يخبر «تارتغليا» بالأمر . وفي هذا الكتاب عرض « كاردان » ، في ما عرض ، الحلول للمعادلات من الدرجة الثالثة . وعزا ابتكارها الى سيبون Scipione del Fer-

ro وإلى «تارتغليا». وفيه يذكر كل الأشكال الممكنة لهذه المعادلات التي يعالجها بموجب امثلة رقمية ووفقاً لأساليب قريبة جداً من الأساليب التي نتبعها نحن .

وحول بعض هذه الأمثلة يلاحظ أن مجموع الجذور يعادل معامل الحد Terme من الدرجة الثانية ، في حين أن ناتجها يعادل الحد الثابت ، مفتتحاً بهذا النظرية الحديثة في المعادلات الجبرية .

نشير أيضاً ، أنه لأول مرة في الغرب ، يعالج « كاردان » الحل المقارب للمعادلات العددية ، وأنه رغم رفضه قبول الأعداد السلبية كأعداد « حقة » ، لم يتردد في اجزاء حساب بواسطة جذور الأعداد السلبية (اعدادنا التصورية الخيالية) . وإن لم يستند أية افادة من هذا الحدث ، العجيب رغم كل شيء وهو أن « العدد الحقيقي يتولد انطلاقاً من المستحيل » ، في حين أن بومبلي Bombelli سوف يفهم كل أهميته بعد عدة سنوات .

ويتضمن « آر مغنا Ars Magna » ايضاً عرضاً لاكتشافات فراري Ferrari المتعلقة بحل المعادلات من الدرجة الرابعة ، بواسطة طريقة اصبحت اليوم كلاسيكية .

وفي السنة التي تلت اجاب « تارتغليا » في كتابه « مسائل وحلول » « Quesitis et inventioni » (البندقية 1546) واتهم « كاردان » بأنه لم يزد على أن كشف عن أساليب اعطاه هو اياها بشرط السرية . فرد فراري Ferrari بمقالة عنيفة (كارتلودى سفيدا 1547) حيث اتهم « تارتغليا » بأنه سرق « دل فرو » وتحداه في الرياضيات . ورد « تارتغليا » بمقالة جوابية (ريسبوستا) اتبعها بستة كارتلي Cartelli وستة اجوبة متتالية ، دوغما فائذة سوى اظهار براعة الخصمين في حلول المسائل المتنوعة .

المشورات الأخيرة عند تارتغليا Tartaglia وكاردان Cardan : يعتبر « الكتاب العام في الأعداد والمقاييس » « General Trattato » (البندقية 1556 - 1560) وهو مطبوع بعد وفاة « تارتغليا » عملاً ضخماً (6 أقسام) مبنياً على نموذج « السوما Summa » لباسيولي Pacioli ، ولكنه معروض بوضوح أكبر . ويبدو أن المؤلف أراد ان يناقش « كاردان » وبياريه . كما أن اثر ستيفل Stifel فيه بارز واضح . واستعمل المثلث الحسابي في حساب تحليلي توافيقي Combinatoire وفي البحث عن جذور الاشارات indices العليا .

أما « كاردان » فالأعمال الرياضية التي نشرها بعد « آر مغنا Ars magna » لم تلاق نجاحاً كبيراً ، وظهور « الجبر » « لبومبلي » سنة 1572 ، جعلها عتيقة تماماً . ولكن نلاحظ في « الأر مغنا » (تاريخ غير مؤكد) وجود استباق لقاعدة اشارات الجذور التي قال بها « ديكرات » ، وفي كتاب (Opus novum di proportio) (1570) مناقشة حول زاوية الامكان (Contingence) . وفي كتاب سوبتيليت Subtilitate « نوربورغ » 1550 ، ويعدّها الكثير من الطبعات والترجمات « اعتمد « كاردان » وجهة نظر كامبانوس Campanus وبوجهها تبدو زاوية الامكان ، وهي اصغر من كل زاوية مستقيمة ، وكأنها تقدم مثلاً عن قيمة صغيرة جداً موجودة بالفعل لا بالقوة . هذا التصور المضلل -

المحارب من قبل جاك بلتييه Jacques Peletier الذي اكد بحق ، سنة 1559 ، أن هذه الزاوية عدم - عاد اليه كاردان Cardan في هذه المعالجة الجديدة . ونشير اخيراً الى محاولة ، نشرت بعد موت « كاردان » ، سنة 1663 في كتاب Opera Omnia (ليون 10 مجلدات)، يدرس فيها « كاردان » تحت عنوان ليدو آليا (De Ludo aleae) عبر تجربته كمقامر في لعبة الكشاثين، الاحتمالات القائمة في مختلف الضربات ، الخ . وهكذا ساهم في حساب الاحتمالات .

بومبلي Bombelli وجيره : بلغ الجبر الايطالي مع « بومبلي » أوجّه الأعلى . وكان صاحب « الجبر » الشهير : (L' algebra, parte maggiore dell'aritmetica, divisa in tre libri) هو الأول ، وظل كذلك لمدة طويلة ، الرياضي الوحيد الذي تجرأ على قبول « وجود » الأرقام الخيالية ، ويالتالي تقديم بعض الضوء على احجية « الحالة المستحيلة الحل » في المعادلات من الدرجة الثالثة . وكتب بومبلي Bombelli ، بحكم مهنته كمهندس تخطيط مائي ، من بولونيا (الايطالية) ، بين 1557 و 1560 نسخة اولى من كتابه الذي وجده ونشره ي . بورتولوتي E. Bortolotti (1929) . فبعد ان قام « بومبلي » بترجمة مخطوطة عن « حساب » ديوفانت Diophante تأثر بها بعمق ، وطبعت روح هذه المخطوطة الصيغة المكتوبة لكتاب « الجبر » الذي نشر في بولونيا سنة 1572 .

يقسم كتاب « الجبر » الى ثلاثة أبواب (كتب) : الأول مخصص لحساب الأسيات. Puissances والجلور. في مخطوطة 1560 رُمز الى الجلور بالعلامة المعتادة R ، أما مرتبتها فنظهر من الأس R^p Expositant . R^p و R^q وذلك دلالة على $\sqrt[p]{R}$ و $\sqrt[q]{R}$. أما في النشرة المطبوعة ، فقد عاد « بومبلي » للأسف ، الى النظام الاختصاري المعتاد $R.q$ للدلالة على $\sqrt[q]{R}$ و $R.c$ للدلالة على $\sqrt[c]{R}$. أما التعبير الذي يتناول استخراج الجذر فيحاط إما بخطوط مستقيمة (في المخطوطة) أو بالرموز L و I وهما اشارتان تقومان مقام الهلالين . عندنا (في الكتاب المطبوع)

$$\begin{array}{l} R^p \left[52.p.R \left[0.m.2209 \right] \right] \text{ تساوي } \sqrt[52]{52 + \sqrt{0 - 2209}} \\ R.c.L.7L.p.R.q.1088.I \quad \sqrt[71]{71 + \sqrt{1088}} \end{array}$$

أما الجمع والطرح فيدل عليهما بحرف p زائد m =ناقص والضرب بكلمة (via) والنتيجة بكلمة fa .

وزيادة وخارجاً عن بعض التقدم التفصيلي ، قدم « بومبلي » الجبر خطوة الى الامام ذات أهمية لا تقدر قيمتها . ففياً خص « الحالة المستحيلة الحل » في معادلة الدرجة الثالثة ، قرر أن يتعامل مع الجلور التربيعية للأعداد السلبية ، فطبق عليها القواعد الموضوعة لحساب جذور الأعداد الايجابية . واعتبر جذر العدد السليبي كحاصل أو ناتج عن ضرب جذر قيمته المطلقة بجذر العدد (1-) أي بالفرق (0-1) .

$$p.di.m. \sqrt{0-1} = R \left[0.m.1 \right] \text{ ou plus di meno}$$

ونحن نرمز اليها بحرف i

أما : *meno di meno* أو *(m. di. m.)* فنرمز إليها بـ $\sqrt{0}-1$ أي بـ $-i$.

وقواعد الحساب مع هذه الكائنات الرياضية الجديدة تتوافق مع القواعد التي نتبعها ، باستثناء ان « بومبلي » يكتب العامل بعد الرمز $(p. di m. 2 \text{ pour } 2 i)$ لا شك أنه دفع الى هذا التجديد الثوري ، بفعل بعض المقاطع عند « كاردان » و « تارتغليا » . الا ان الاصلة العميقة في فكر « بومبلي » بارزة بفعل أن « كاردان » نفسه ، بعد نشر « الجبر » أثار الاعتراضات ضد امكانية التعامل حسابياً بواسطة هذه الأعداد « المعقدة » . ويظهر تأثير ديوفانت *Diophante* في الكتاب 2 من « الجبر » الذي يتضمن النظرية الكاملة للمعادلات من الدرجات الأربع الأولى . وعلى هذا فالجهول يسمى « تاتسو » أو « كانتيتا » ؛ والمربع « بوتنزا » . والأس (*Puissance*) ، العام ، يسمى ، « ديغنتيا » تمشياً مع « تارتغليا » . أما علامات او رموز « الآليات » ، فتشبه رموز شوكيه *Chuquet* وهي من النمط « الأمي » انما دون تصوير للمجهول : والتثقيب « *L'exposant* » يرمز اليه في نصف دائرة موضوعة فوق الأس المقابل : أي أنه يرمز إلى المعادلة $3x^4 + 4x^3$ بالتعبير

1. p. 4. m. 3

وهو استعمل قاعدة ضرب « والآليات » عن طريق جمع المثلاث (*exposants*) ، في حين يجهل « بومبلي » الثقل صفر والمثلاث السلبية . وهكذا يبدو متخلفاً عن ستيفل *Stifel* . ثم أنه قد تضايق من جراء عدم ابرازه المجهول برمز ، ولا الكميات المعروفة بأحرف ، ولهذا عجز عن كتابة معادلة أو صيغة عامة . وهناك حد آخر لفكرته يقوم على تجاهله أهمية العدد السلي . وقد تبع التراث حين اصر ان تكون كل الحدود (*Termes*) ذات قيمة او اشارة ايجابية . ولهذا فانه يميز بين الأشكال الكلاسيكية الثلاثة لمعادلة الدرجة الثانية وبين الأشكال الستة (*trinom*) للمعادلة التكميلية :

$$\begin{array}{lll} x^2 + px = q; & x^2 = px + q; & x^2 + q = px; \\ x^2 + px^2 = q; & x^2 = px^2 + q; & x^2 + q = px^2, \end{array}$$

وعالج الثلاثة الأولى بأسلوب « تارتغليا » ورد الثلاثة الأخيرة الى الثلاثة الأولى بادخال المجهول الاضافي $z = 1/x$. ويتيح تدخل الأعداد الخيالية حل « المسألة المستعصية » ، في حين ترد المعادلة الكاملة (ذات الأربعة اعداد أو حدود) . سنداً « ليكاردان » ، الى الشكل الثلاثي (*trinom*) بواسطة مجهول اضافي . اما معادلات الدرجة الرابعة (ولها 44 شكلاً) فتعالج بأساليب فراري *Ferrari* . وذلك باختزال المعادلة الكاملة الى معادلة ذات اربعة حدود (بدون الحد x^3) .

وبراعة « بومبلي » تبرز في حل المسائل التطبيقية ، وهي مسائل تعرض بشكل محدد في الصيغة المخطوطة ، وبشكل تجريدي في الكتاب النهائي ، حيث تقرن هذه المسائل بأمثلة جديدة مأخوذة عن ديوفانت *Diophante* . نشير أخيراً الى أن الكتاب 3 يتضمن محاولة معالجة هندسية لمسائل في الجبر .

موروليكو *Maurolico* : انتجت ايطاليا اضافة الى هؤلاء الجبريين العظام ، في القرن 16 ، بعض الرياضيين الكبار ومنهم موروليكو *Maurolico* ، وبندتي *Benedetti* وكوماندينو

Commandiano واليهام يضاف كلافيوس الذي ، وإن كان المانياً بالمولد ، عاش وعلم في إيطاليا . كان فرانيسكو موروليكو Francesco Maurolico (1494 - 1557) من مسين ، وكان أحد أغزر الادمغة في زمنه ، فكان رياضياً ، وميكانيكياً ، وعالم بصر ، ومؤرخاً ، وكتب كثيراً . ولكن للأسف الكثير من مؤلفاته لم يظهر إلا بعد وفاته ، وبشكل متأخر لم يؤثر في نمو الفكر العلمي . من ذلك أن حاشيته عن ارخيدس Archimède ، التي طبعت سنة 1594 ، لم تظهر بالواقع إلا سنة 1685 وترجمته لابولونيوس Appollonius . (الكتب الأربعة الأولى المحفوظة بالأغريقية مع إعادة للكتاب) لم تنشر إلا سنة 1654 ، وأما دراسته « حول النور والظل » « Photismi de lumine et umbra » وهو كتاب أصيل جداً ، سبق به بشكل مذهش بصريات كبلر Kepler فلم ينشر الا سنة 1611 ، في نابولي بعد نشر كتاب كبلر « Ad Vitellionem paralipomena » .

ونشر موروليكو Maurolico في حياته عدة مؤلفات منها : كوسموغرافيا Cosmographia (البندقية 1543) ويبحث حول المزولة (الساعة الشمسية) (De lineis horariis libri III) (1553) كما أعاد طباعة الأوبوسكولا Opuscula سنة 1575) . كما نشر مجموعة ترجمات لأعمال رياضية اغريقية (دوائر تيودوز Théodose ومينالاوس Ménelaüs والكرة المتحركة لاتوليوكوس Autolýcus ، والمسالك (Habitalionibus) لتيودوز Théodose والظواهر « Phaenomenis » الأقليدس Euclide مسين 1558) . وظهرت كتب تقريظ الرياضيات والحساب «Opuscula mathematicorum libri» «Arithmetica» في البندقية سنة 1575 ، وفي مزولته يبين « موروليكو » أن الظل الملقى من قمة « عقرب » (عامود) المزولة هو دائماً ذو قطع مخروطي تختلف طبيعته ونوعه بحسب موقع سطح الالتقاء (الامتقاط).

وتضمنت هذه المعالجة، دراسة اجمالية للمقاطع المخروطية حيث ، تمثيلاً مع ورنر Werner ومعارضة لابولونيوس Apollonius ، قام « موروليكو » بمعالجة هذه المنحنيات وكأنها قطوعات مسطحة للمخروط . ونشير في « الأوبوسكولا Opuscula » ، الى تحديد مركز الثقل لمختلف الأجسام (أهرامات ، قطوعات الكرة ، والى القطع « المكافئ » الدائر « Paraboloide de révolution » ، وأول فكرة عن التطابق بين الدورات والأوجه في « الصفاح » أو « المتعدد الوجوه المنتظم » (Polyèdre). ونجد في الأرتماتيكا استعمال الحروف بشكل منهجي بدلاً من الأعداد الخاصة ، كما نجد أول مثل على اسلوب التحليل الذي سمي فيما بعد « الاستقراء الرياضي » induction mathématique (البرهنة من الجزئي الى الكلي) .

بندتي Benedetti الرياضي : كان جان باتيست بندتي Giambattista Benedetti (1530-1590) فيلسوفاً ورياضياً ومهندساً في خدمة دوق دي سافوا Duc de Savoie ، وكان عالماً بالهندسة موهوباً وقد نشر باديه الأمر كتاباً عن اعمال اقليدس De resolutione omnium Euclidis problematum aliorumque (البندقية 1553 ثم كتاباً عن المزولة (1574). ونشر أخيراً في تورينو

(1585) كتاباً عن الرياضيات والفيزياء خصصه بصورة رئيسية لنقد «الديناميكا» لأرسطو ، كما خصصه ايضاً لدراسات حول الحساب الهندسي والموسيقى ، والمناظر . الخ وعولجت معادلات الدرجة الثانية فيه بروحية الهندسة القديمة . وبين بندي Benedetti ايضاً كيف يمكن بناء شكل ذي اربعة أوجه ضمن دائرة ، إذا كانت الأضلاع محددة المقاييس .

ترجمات كوماندينو Comandino : كان فردريك كوماندينو Federigo Commandino (1509 - 1575) طبيباً ورياضياً عند «دوق دوربينو d'Urbino» . ولم يكن رياضياً عظيماً . وعمله حول مركز الثقل في الأجسام . وان استخدم فيه الأساليب المتناهية الصغر (الحساب التفاضلي) التي استعملها «ارخيدس» (بولونيا 1565) - أقل قيمة من عمل موروليكو Maurolico . وبالمقابل كان مترجماً مدهشاً ومجاهداً للأعمال الرياضية الأخرى : «ارخيدس» (البندقية 1558 ، بولونيا 1565) ، أبولونيوس Apollonius مع التفسير لبابوس Pappus واتوسيوس Eutocius (بولونيا 1566) ، والأناطيا Analemma لبطليموس Ptolémée (روما 1562) ، واريستارك دي ساموس Aristarque de Samos (بيزارو 1572) ، وأقليدس Euclide باللاتينية ، (بيزا 1572) وبالإيطالية (بيزارو 1575) ؛ والبوماتيك لهرون 'Pneumatique' de Héron (اوربينو 1575) ، وأخيراً المجموعة الرياضية لبابوس Pappus Collection mathématique de Pappus (بيزارو 1588) . وإلى جانب هذا الانتاج الفخم ، قام كزيلاندر Xylander بترجمة ديوفانت Diophante (بال 1575) . وهكذا أصبح كل الانتاج الرياضي الأغريقي ، باستثناء القليل ، بين يدي الغرب ، في أواخر القرن السادس عشر .

كلافيوس Clavius . والتعليم : كان كريستوف كلافيوس Christoph Clavius من بامبرغ اصلاً (1537 - 1612) . وكان استاذ رياضيات مشهوراً بحق في كلية جمعية يسوع في روما ، ولعب دوراً أساسياً في انشاء الروزنامة الغريغورية . وكان كتابه «اوبرا إيماتيماتيك Opera mathematica» (ماينس 1612) يتضمن خمسة مجلدات نصفية (in folio) . واصبحت ترجمته الممتازة مع الشروحات «لاقليدس» (1574) الطبعة المقياس وظلت كذلك حتى القرن 17 . واعتمدت كته في الحساب والهندسة والجبر والمزاو والفلك بفضل نفسها التعليمي وبفضل موقع مؤلفها ، في الكليات اليسوعية (إذ في كتاب «كلافيوس» ، الذي يسط اشارات «ستيفل» ، تعلم «ديكار» الجبر عند لافليش La Flèche) . وجعلت هذه الكتب من «كلافيوس» سيد الرياضيات في أوروبا الكاثوليكية .

3- ما قدمته المدارس الأخرى

الانتاج الرياضي الفرنسي : خارج ألمانيا وإيطاليا كان التقدم الرياضي في القرن السادس عشر مختصراً جداً . وحتى عجيء فيات Viète الذي لم يشر عمله الا في القرن التالي ، ظل الادب الرياضي الفرنسي مرتبطاً بالانتاج الإيطالي والألماني ولم يلحقها عموماً الا متأخراً .

كان جاك ليفيفر ديتابل Jacques Lefèvre d'Étaples (1455-1536) فيلسوفاً ولاهوتياً وإنسانياً. ونشر طبعات عن حساب بويس Boèce (باريس 1503)، وكذلك عن حساب جوردانوس غوراريوس Jordanus Nemorarius (1496)، كما نشر الأسفار لساكروبيونكو Sphaera de Sacrobosco (1499، عدة نسخ) والأوبرا أومنا لنيقولا دي كوي Opera (1514) Omina de Nicolas de Cues. وكان يجلّ هذا الكتاب الأخير هو ومدرسته. وأخيراً، في سنة 1516 نشر طبعة لعناصر «أقليدس»، مع ترجمة لكمبانوس Campanus وترجمة لزامبرتي Zamberti وكذلك تفسيرات هيسيكلس Hypsiclès ونيون الأسكندري Théon D'Alexandrie.

ونشر تلميذه شارل بويل Charles de Bouelles (1470 - 1553) المعروف كفيلسوف ولاهوتي، «مدخلاً إلى الهندسة» باللغة اللاتينية (1503)، وكتاباً عن الهندسة العملية بالفرنسية (وهو كتاب فريد ومفيد يبحث في الهندسة وتطبيقها باريس 1511). وقد أعيد طبعه بالفرنسية كما باللاتينية. ونشير أيضاً إلى دراسته حول المصفتح المنتظم والمصفتح المنجم. أما السيكلويد أو الدوائر، ويعزى إليه اكتشافه، فقد التبس عليه أمره بحيث خلطه مع قوس من الدائرة وسعى إلى استخدامه في محاولاته لتربيع الدائرة، مستلهماً من دون شك نقولا دي كوي Nicolas de Cues وظهرت بعض الكتب حول الحساب التجاري في مطلع القرن. ومستواها متدنٍ باستثناء «الحساب» لأنيان دي لاروش Etienne de La Roche (ليون 1520) الذي أخذ محتواه من تري بارتي Tri-party لشوكي Chuquet بعد أن أهمل اكتشافه الكبير حول المنقل Expositio صفر والمنقلات السلبية، وعن «سوما» بامبولي Pacioli، وهو كتاب ممتاز في عصره. وقد نقل بعض تصورات «شوكي»، وأهم بصورة خاصة بومبيلي Bombelli فكرة الترميز الأسّي أو الثقيلي.

وكان أرونس فينه Oronce Finé (1494 - 1555) أول صاحب منبر للرياضيات في الكلية الملكية (قبل 1532). ولعب في عصره دوراً وذاق صيته. إلا أن مؤلفاته هي من الدرجة الثانية: إعادة طبع: «مرغريتا فيلوزوفيكيا Margarita Philosophica». ثم «تيوريكا نوفا... Theori-cae Novae» لبورباخ Peurbach. طبعة اغريقية لاتينية لستة كتب لأقليدس Euclide، نشر كتاب ابتدائي كامل تقريباً من الرياضيات النظرية والتطبيقية ثم برتوماتيزيس Protomathesis (1530 - 1532) الذي أعيد طبع مختلف أجزائه على حدة باللاتينية والفرنسية الخ. وقد اهتم فينه بصورة خاصة بالحساب الستيني وبوضع الرسوم الهندسية وتحويلها بعضها إلى بعض. وزعم أنه يعلم الحل الدقيق لتربيع الدائرة (كوادراتورا سيركولي De quadratura circuli، باريس 1544)، وغيرها من المسائل الأخرى الشهيرة في العصور القديمة (مثل تضعيف المكعب، وتحزئة الزاوية، الخ) بواسطة النسبة الإلهية (... باريس 1559). وقد أثارت محاولة «فينه»، تربيع الدائرة، الانتقادات العديدة وأهمها انتقادات بديرو نونز وجوانس بوتو Pedro Nunez و Joannes Buteo.

واسم هذا الأخير الحقيقي جان بورل Jean Borrel. وقد انتقد محاولات تربيع الدائرة عند «فينه» و«ستيفل» (ليون 1559) وطور اسلوباً غريباً في تضعيف المكعب عن طريق التقريب.

المتتالي . وحاول (في كتابه لوجيستكا ... ليون 1559) . أن يعيد النظر في هندسة الترميزات والتعابير الجبرية ، واستبدل كلمة « راديكس » بكلمة « لاتوس » . وعرف المجهول « رس » بالحرف ب ، « P » وعرف المربع بمربع قائم على إحدى زواياه ... اما المعادلة فقد رمز اليها بزواوية . [وعندما كانت المعادلة تتضمن عدة مجهولات كان « بوتو » يعرفها مثل ستيفل Stifel بالحروف الكبيرة التاجية : -

وعن جان بُلتييه مانس Jacques Peletier du Mans (بُلتياروس 1517-1582) أشرنا الى اختراعه الموفق حول زاوية الاحتمال . كان رجلاً مستطلعاً ، وشاعراً وفيلسوفاً ورياضياً . اعاد طبع أوراس Horace . واراد الكتابة ونسر كتاباً في الحساب (بواتيه سنة 1549) وكتاباً عن الجبر (ليون 1554) . وكلا الكتابين متكمل على اعمال « كاردان Cardan » و« ستيفل » . وأخذ عن هذا الأخير المثلث الحسابي ، والأس صفر كما أخذ أيضاً نظام التعريف بالمجهولات (وذلك في المسائل التي تتكرر فيها المجهولات) بالحروف الأولى من الأبجدية . ويدلنا بُلتييه Peletier على كيفية استخراج الجذور الجذرية من معادلة ذات اسات جذرية . ونحن مدينون له ايضاً بطبع ستة كتب أولى لأقليدس Euclide مع تفاميرها (ليون 1557 ، باللاتينية ، وترجمة فرنسية في جنيف 1611) .

وهناك طبعة ثانية لأقليدس Euclide قام بها فرنسوا دي فوكاندال François de Foix - Candale الذي نشر الكتب الخمسة عشر (باريس 1566) وأضاف اليها ثلاثة كتب من عنده تتعلق بمختلف انماط المضلعات . . وكان بيار فوركادل Pierre Forcadel (؟ - 1574) قد حصل بناء على الخاخ راموس Ramus ، على كرسي الرياضيات ونشر تراجم فرنسية لكتب « اقليدس » التسعة (1564 - 1565) ، وكذلك نشر أعمالاً رياضية وفلكية لـ « ارخميدس » أيضاً ولـ « بركولوس » و« أتوليكيوس » وفيه وجها فريزيوس الخ . والف بيار فوركادل Pierre Fordcadel أيضاً كتاباً في الحساب . . (1557 - 1558) . وفي الطبعة الأولى منه استعمل المختصرات المعتادة وترميز « شوكيه » بالنسبة الى الجذور وكذلك الاشارة + و - في حين أنه في الطبعات اللاحقة تحلى عن هذا الترميز .

ونشير ايضاً الى كتاب الحساب الذي ألفه جان ترانشان Jean Trenchant (1558 مع عدة طبعات) ويحتوي هذا الكتاب بصورة خاصة على معالجة للجبر استعمل فيها الترميز الكوسي والمثلث الحسابي الخ . ونذكر ايضاً كتاب الجبر الذي وضعه غليوم غوسلان Guillaume Gosselin (باريس 1577) ، وترجمته الفرنسية المختصرة جداً لكتاب « تارتغليا » وعنوانه (General Trattato) (باريس 1578) .

راموس Ramus والرياضيات : تتعلق دراسة كتب أكبر رياضي فرنسي في تلك الحقبة وهو فرانسوا فيات François Viète (1540 - 1603) ، بصورة منطقية بالقرن اللاحق . والكتاب الفرنسي الأخير الذي يستحق الذكر هنا ، على الأقل كناشر للرياضيات - حين امتدحها امتداحاً كبيراً وفضلها على عقم المنطق والجذلية المدرسين - وكمؤرخ للرياضيات - حيث خصص ثلاثة كتب من كتابه الكبير المعنون « الرياضيات المدرسية » - هو « بيار راموس » (1515 - 1572) الذي قتل في مذبحه سان بارتليمي) . اشتهر « راموس » كإنساني وكفيلسوف وكمجادل ونشر كتاباً في الحساب

(باريس 1555) .. وأعيد طبع هذا الكتاب عدة مرات وترجم الى الانكليزية مع غيره من كتب الرياضيات التي جمعها في كتاب واحد سماه الرياضيات المدرسية (بال 1569) . ونشر أيضاً الى رسائله حول العدد السليبي ويرده الى التعارض المنطقي بين الايجاب والسلب : سليمان يساويان ايجاباً ، كما كتب . وتدخل «راموس» في الهندسة ولم يوفق . ومعاداته للتراث المدوسي - كل ما قاله «ارسطو» خطأ - جرت عليه الشهرة . وفكر بحماس ان يستبدل المنطق بالبيان ووضع مشروعاً لاصلاح كتب «اقليدس» اذ كان يعتبره من الناحية التربوية متوافقاً قليلاً مع الترتيب العقلاني للعلوم ومع مسار الفكر الطبيعي . كتب يقول يجب تعليم الحساب قبل الهندسة . أما البدييات فيجب أن لا تذكر الا عند الحاجة اليها . فضلاً عن ذلك يرى «راموس» ان الحساب التطبيقي عند تجار سان دينيس هو اكثر فائدة من البيانات الدقيقة التي وردت في الكتاب العاشر من «عناصر» «اقليدس» . واذا كانت هذه المزاعم مقبولة من الناحية التربوية والعملية فان مواقفه من الناحية العلمية ومن ناحية التقدم العلمي والفلسفي تبدو رجعية ومتأخرة .

بدايات المدرسة الانكليزية: كانت انكلترا اكثر تأخراً يومئذ عن فرنسا . وكان أول كتاب في الرياضيات نشر في هذا البلد هو : فن .. التريبع (لندن 1522) لمؤلفه كوثبرت تانستال Cuthbert Tunstall وقدمه الى توماس مور Thomas More . ويبحث الكتاب في الحساب التجاري من النمط الكلاسيكي المرتكز على مصادر ايطالية وبخاصة كتاب «باسيولي» «سوما Summa» ؛ وقد تقلد المؤلف ترتيبه وعرضه . كتب هذا الكتاب باللاتينية . ولم يلاقِ الا انتشاراً خفيفاً في انجلترا ، ولكنه طبع سبع طبعات في القارة .

وعرف روبرت ريكورد Robert Recorde (1510 ? 1558) ، الرياضي الانكليزي الأبرز في القرن السادس عشر نجاحاً أوسع بفضل كتابه : «أرض الفنون» (حوالي 1540 ، 11 طبعة في القرن السادس عشر) ، وكتابته «الطريق الى المعرفة» (1551) ، وخاصة كتابه المختصر في الجبر «وتستون أوف ويت The whetstone of Witte» (1557) ، «القسم الثاني من الحساب» . ويعتبر هذا الكتاب الأخير - بحكم أنه أول كتاب كتب بالإنكليزية ، ويعلم طرح الجذور والتجربة «الكوسية» مع قاعدة المعادلات ، والحساب بالأرقام غير الجذرية ، أو الأرقام الصماء - أول كتاب يستعمل العلامة «+» ، ولكنه يضيف اليها ، ولأول مرة في كتاب مطبوع علامة «=» ، والتي سبق ان استعملت في بعض المخطوطات الايطالية المعاصرة . وبالنسبة الى الباقي يعتمد ريكورد Recorde ترميزات «ستيفل» .

ونشر أيضاً الى ليونارد وتوماس ديفجنز Leonard et Thomas ، وقد ألفا عدة كتب في الرياضيات العسكرية والهندسية العملية . ونشر أيضاً الى ترجمة انكليزية «لعناصر» «اقليدس» من قبل سير هانري بلنجلي Sir Henry Billingsley وجون دي John Dee في سنة 1570 . واعاد هذا الأخير ، مع كوماندينينو Commandino صياغة عمل «اقليدس» عن قسمة الصور مستلذين الى نص عربي ، سنة 1570 .

اعمال فونز: Nunez : في شبه الجزيرة الأيبيرية تجب الإشارة إلى أعمال بلرو نونز Pedro Nunez (1502 - 1578) وهو عالم فلكي ملكي ، أوجدت له كرمي لتعليم الرياضيات في جامعة كويمبر. كان فكرياً خلافاً واستطلاعياً . وترك أثره في العديد من المجالات العلمية . من ذلك أنه في كتابه الجبر والحساب والهندسة (أنفرس 1564) حاول أن يحدد القاسم المشترك الأكبر لمعادلتين جبريتين ، من أجل حل بعض المعادلات من الدرجة العالية . ويعود الفضل إليه في حل مسألة الشفق الأقصر (كرييسكولوس De Crepusculis liber unus) . . . (ليشبونه 1542) . واليه يعود الفضل في اختراع آلة « نونيس » وهي آلة تتيج قياس الزوايا الصغيرة بدقة . وعلى كل كان جهازه دقيقاً جداً بالنسبة إلى عصره فلم ينجح كثيراً . . ولذا استبدل في القرون اللاحقة بالآلة أبسط هي « فرنسية Vernier » اخترعت سنة 1631 . وفي كتابه تراتادو . . . (Tratado) وهو جزء من كتاب كبير عنوانه « تراتادو دا سفيرا Tratado da sphaera » (ليشبونه 1537) والموسع باللغة اللاتينية في كتاب أوبرا Opera (بال 1566) ثم في كتاب « دي آرت De Arte » (كوميز 1573) ، في هذه الكتب جميعاً خالف « نونز » الرأي السائد بين البحارة ، واثبت أن الطريق الأقصر بين نقطتين في الكرة الأرضية هو قوس الدائرة الكبرى وليس الخط المنحني الذي يقطع خطوط الطول في زاوية ثابتة . ودروس بعناية هذا المنحنى الأخير وسماه « رامبوس Rumbus » . وقد لعب هذا المنحنى دوراً مهماً في تاريخ الرياضيات في القرن السابع عشر تحت اسم « لوكسودرومي Loxodromie » اسم أطلقه عليه سنيليوس Snellius سنة 1605 .

سيمون ستيفن Simon Stevin : عرفت السنوات الأخيرة من القرن السادس عشر حقبة جمود نسبي فيما يتعلق بالعلم الإيطالي . وانتقل مركز حركة الفكر العلمي نحو الشمال وأصبح سيمون ستيفن Simon Stevin (1548 - 1620) هو الخليفة بحق لبومبلي وليبينديتي Bombelli et Benedetti ، ومشتفن Stevin ، مثل هذين الأخيرين ، كان منظرًا ورجل تطبيق . كان محاسباً وبناءً مطاحن وسدود ومحصينات . ولم تكن الاهتمامات العملية غائبة عن فكره . وفي شبابه اشتغل كأمين صندوق وماسك دفاتر في مؤسسة تجارية في أنفرس . وفي سنة 1577 ، وبعد سفرة طويلة في بلدان الشمال التحق بإدارة « الفرنك » في مسقط رأسه ، وترك بعدها البلدان المنخفضة الأسبانية . وفي سنة 1581 وجد في ليد ، حيث تسجل في سنة 1583 كطالب أدب في الجامعة . وفيما بعد دخل كمهندس عسكري ، وكمفتش على السدود والأقنية ، بخدمة دول هولندا . وفي سنة 1593 ، وبناءً على توصية من موريس دي ناسو Maurice de Nassau وكان قد علمه الرياضيات وأصبح صديقه ، عين مستشاراً في جيوش البلدان المنخفضة . وفي سنة 1600 نظم تعليم الرياضيات باللغة الفلمنكية في مدرسة المهندسين في ليد . ومات في لاهاي سنة 1620 .

المنشورات الأولى : كان أول كتبه (حول الفائدة ، أنفرس 1582) ، وتضمن الجداول الأولى الكبيرة عن الفائدة ، والمنشورة في ذلك الحين . وهذا الكتاب يعكس اهتماماته العملية . ويقول : أنه ينشر مثل هذه الجداول التي ظلت سرية حتى ذلك الوقت من أجل فائدة الجماعة ، واستعمل أساليب

الحساب التي عرضها جون ترانشان Jean Trenchant في كتابه « الحساب Arithmetique » ، وشكر مؤلفها . وفي كتابه « كتاب حساب الأمراء على طريقة ايطاليا Livre de compte de prince à la manière d'Italie » (ليد 1608) طور أساليب المحاسبة ذات القيد المزدوج . ونصح باستعمالها في محاسبات الدولة . اما كتابه « مسائل هندسية » (انفرس 1583) فيعتبر عملاً نظرياً خالصاً . وقد ظهر فيه ستيفن مهندساً كاملاً . ويوجد في هذا الكتاب دراسة موسعة عن المضلع المنتظم ونصف المنتظم المحاط بالدائرة (وفقاً لنهج دورر Dürer ، عمّد ستيفن Stevin الى « فلش » Déplie) سطوح هذه الأجسام فوق السطح . كما عمد أيضاً الى التأكيد على المشابهة الكاملة وعلى التناظر بين الكمية المتصلة والكمية غير المتصلة . وقد عمق هذا التأكيد فيما بعد .

وفي سنة 1585 نشر « ستيفن » في ليد كتاباً عنوانه : « الحساب عند سيمون ستيفن » وقسمه الى قسمين : قسم نظري يتضمن معالجة كبيرة للحساب والجبر ، وشرحاً لكتب ديوفانت Diophante الأربعة في الجبر . (وذلك سنداً لطبعة كزيلاندر Xylander) . وفي المفيد أن نشير هنا الى تأثير الرياضي الأغرقي الكبير على « بومبلي » وعلى « ستيفن » . ونشر أيضاً مجموعة دراسات (الحساب التطبيقي) وتتضمن فيها تتضمن الترجمة الفرنسية لكتاب « . . . الفوائد » ، 1582 و « الأعداد » ، ونعود إليها ، وكذلك تفسيراً لنظرية الأبعاد التي لا تحد نقلاً عن الكتاب العاشر من عناصر « اقليدس » . ويحتل كتاب « الحساب » ، الذي اعيد نشره من قبل البيرجيرار Albert Girard سنة 1625 ، ثم سنة 1634 ، (في الأعمال الرياضية) يحتل هذا الكتاب مكانة مهمة في تاريخ الفكر الرياضي . وفيه يطرح « ستيفن » منهجية وتبسيطاً للحساب وللجبر ، تجاوز فيها كل من سبقوه . كما أدخل تعديلات رئيسية : منهجية الكسور العشرية ، وتصور جديد للعدد ، يمكن أن يجعل الجبر مستقلاً عن الهندسة ، وبذات الوقت يزيد الروابط التي تجمع بين هذين العلمين .

الكسور العشرية : كان ادخال الكسور العشرية يقصد به هدف عملي ، وقد تضمنها فصل صغير ضمن كتاب « الحساب » (132 - 160) في الحساب العملي : « ان تعلم الكسور يسهل العمليات وكلها موجودة في أعمال الناس » (سبق نشره بالفلمنيكية تحت عنوان De Thiende ، في نفس السنة 1585) . لم يخرج « ستيفن » الكسور العشرية بالتأكيد ، فقد استعملها قبله ، امانويل بونفيس دي تاراسكون Emmanuel Bonfils de Tarascon (حوالي 1350) ، ورجيومونتانوس Regiomontanus (سنة 1463 ، ونشرت دراسته عنها سنة 1541) ورودولف Rudolff (1525) وايلى ميزارشي Elie Misrachi (1532) . وأخيراً ، وقبل ذلك بقليل من قبل فيات Viète . ولكن يبقى من الحق القول انه باستثناء الرياضي الكبير « العربي » جمشيد الكاشي Jamshid al - Kashi ، وأعماله وضعت سنة 1427 ، ولكنها لم تعرف في الغرب (مجلد 1 ، القسم الثالث الفصلان 2 و 8) لم يحظر لأحد غير ستيفن أن يحل الكسور العشرية محل الكسور العادية ، ويضع نظام ترميز يتيح توحيد مجال تطبيق قواعد الحساب ، دون أن يحتفظ منها إلا بالقواعد التي تطبق على العدد الصحيح . ولكن

(1) 2 يساوي $2x$ و (4) 3 يساوي $3x$..و « مستيفن » وإن تقبل من حيث المبدأ ، المثقلات الكسرية فهو بفضل استعمال اشارات اتفاقية متوحدة جزئياً من ترميزات « رودولف » ، وإن اختلفت عنها

احياناً ، اختلافاً واضحاً . اما الجمع وال طرح والضرب والقسمة فيعبر عنها بالاشارات + ، - و D و M . أما التركيب من واحد فيسميه مونوم (وحيد الحد) واما التركيب الكثيري فيسميه مولتي نوم (متعدد الحدود) . [M = ضرب و D = قسمة] .

ومن بين المسائل الخاصة المدروسة ، نشر الى حل كامل لاستخراج القاسم المشترك الأكبر من تركيبين متعددين (وهي مسألة سبق أن اهتم بها نونز Nunez) . وأفضل إنجاز جبري لستيفن هو بدون شك اختصار توحيد قواعد حل المعادلات الجبرية ، أو وفقاً لتعبيره : « قواعد الكميات الثلاث » . من ذلك أنه بالنسبة الى المعادلة من الدرجة الثانية يقول : معك ثلاثة أرقام أولها (2) وثانيها (1) والثالث عدد جبري ما . أوجد العدد الرابع التاسمي أي : $x^2 = ax + n$ (وبعدها فترعن المجهول x) .

وتبلى معادلة الدرجة الثانية بالنسبة اليهم ، تحت ثلاثة اشكال اساسية وغير قابلة للاختزال . ولم يستطع اهل الجبر عن سبق « ستيفن » التوصل الى صياغة قاعدة وحيدة لحلها . فكتب « ستيفن » اذاً :

ان ثنائية Binomie الحد الثاني في هذه المسألة يمكن ان توجد في ثلاثة (صينغ) فروقات هي :

$$(1) + (0) = [ax + n], \quad -(1) + (0) = [-ax + n], \quad (1) - (0) = [ax - n].$$

ويسطي عنها الاخرون ثلاث عمليات متنوعة . . . ونحن نبين شكلاً واحداً بواسطته ، ودون تغيير مقطع واحد ، تكون العملية في الثلاثة نفسها او ذاتها .

واذا كان « ستيفن » قد نجح حيث اخفق سابقوه ، ستيفل Stifel كاردان Cardan بلبته Peletier ، فذلك انه يقبل تماماً بشرعية العدد السليبي . وهو ، لم يكتف فقط ، ودون تدمير ، بان يقبل بالحلول السلبية في المعادلات التي يعالج ، بل قبل ايضاً ولأول مرة في تاريخ الجبر بمعادلة طرح عدد ايجابي من جمع عدد سليبي . ومن جراء هذا ، اختلطت الاشكال الثلاثة للمعادلة في واحدة . وطبق ستيفن Stevin نفس الطريقة على معادلات الدرجة الثالثة والرابعة . ولكن رفضه ، للأسف للعدد الخيالي لم يمكنه من أن يحقق في هذا المجال تقدماً يشبه التقدم الذي احرزه في نظرية المعادلة من الدرجة الثانية .

آخر منشورات ستيفن Stevin : بعد نشر « اريتماتيكا » بدأ « ستيفن » وكأنه قد عزف عن الرياضيات البحتة وتحصص بالفيزياء أولاً وبالتطبيق ثانياً . ولكنه نشر ، على كل حال ، سنة 1594 ، رسالة موجزة في الجبر يعرض فيها منهجاً عاماً في الحل القريب للمعادلات .

ومنذ 1585 كان « ستيفن » يدافع عن اطروحة تقول بأن اللغة الفلمنيكية صالحة بصورة خاصة لدراسة العلوم (Dialectike) . ولهذا فقد نشر بهله اللغة ثلاثة كتب في الميكانيك (1586) ، ودراسته عن التحصينات (1594) الخ . وهي أعمال جمعها ، مع كتب أخرى وضعها لموريس دي ناسو Maurice de Nassau في جامع ضخيم . شامل ، باستثناء الديناميك ، ضم كل العلم الرياضي

والفيزيائي في عصره (نظرية وتطبيق) (خمس مجلدات، ليد 1608)؛ وأعيد نشر هذه المجموعة في ذات السنة باللاتينية من قبل ويلبرورد سنل Whitebrora snell (ايبومنا ماتيا تيكا) Hypomne-mata mathematica، بعضها ترجم الى الفرنسية من قبل جان تونغن Jen Tuning (مذكرات في الرياضيات .. 1608). وأعيد نشرها في سنة 1634 في ليد، لدى الزيفيه Elzevier، من قبل البير جيرار Albert Girard في نشر «الأعمال الرياضية» عند «ستيفن». والمؤلفات المجموعة في هذا الجامع، وإن كانت في تاريخ نشرها تعود الى القرن السابع عشر، فإنها، في مضمونها تعود الى القرن الماضي.

ومع «سيمون ستيفن» بلغ الجبر، في عصر النهضة الذروة والنهاية في تطوره، ولهذا يجدر أن نلقي نظرة سريعة وشاملة، على المرحلة المقطوعة لمحاولة تحديث بنيتها الأساسية.

لقد حقق جبر عصر النهضة، في وقت قصير جداً غنى مذهناً في المعرفة الجبرية، وبالمقارنة انجز ترميزاً مكثفاً جداً، وغير متعب على الاطلاق، أكثر كثافة وأيسر وأسهل بالتأكيد من ترميزات Viète مثلاً. ولكن هذا الترميز كان عاجزاً عن الوصول الى الترميز التجريدي (للعمليات الجبرية) وإلى اخذ هذا الترميز كمحور لأفكاره.

انه لأمر عجيب: لا شيء أبسط من فكرة العملية (الجبرية أو الحسابية)؛ والموجزات اللوغاريتمية الوسيطة والحديثة، تقدم لنا كلها لوائح عن هذه العمليات، وتعلمنا القواعد العملية الواجبة الإتباع لأجراء عملية أو قسمة من أجل استخراج جذر أو حل معادلة. ومع ذلك، ورغم الاستعمال المتقطع للرموز (الحروف) من قبل «ارسطو» (في المنطق) ومن قبل ليوناردي بيز Leonard de Pise ومن قبل جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius (في نظرية النسب) فإن العملية والموضوع (الشيء) [موضوع العملية]، يشكلان وحدة متماسكة لدرجة ان الفكر لا يتوصل الى فصلهما عن بعض: (Res, Radix, Census) كلها تبدل على المجهول، وعلى الجذر وعلى المربع، ولكن الجذر، لا يعتبر، نوعاً ما، وكأنه جذر الشيء، وإن استخرج منه، ولا المربع وكأنه مربع الشيء، وإن رفع اليه، انها جذر ومربع مستقلين تماماً. ولهذا ايضاً، وليس لأننا نتعامل عموماً مع مجهول واحد، لا يعبر عن هذا المجهول (الذي هو x عندنا) وكأنه مجهول.

وبالتالي لا يقدم لنا جبر عصر النهضة شيئاً بل يعطينا قواعد وامثلة، تماماً كما في القواعد (النحو)، التي هي أيضاً تعطينا قواعد يجب إتباعها، وأمثلة يجب التقيد بها، بعد استبعاد الأسماء والغاء الأفعال. وهذه الأمثلة، المختارة والمرتبة جداً - في الحساب وفي الجبر، كما في القواعد النحوية - تصبح نماذج ومقاسات، ولكن هذه النماذج لا تتحول اطلاقاً الى صيغ، ان فكر الحسابي والجبري في عصر النهضة يبقى عند مستوى فكر النحوي: انه فكر نصف تحديدي: تتبع القاعدة العامة، ولكن التعامل يتناول حالات - كلمات او اعداداً - محددة.

ولهذا يعتبر الترميز الخاص للمجهول ، في التعابير الجبرية ، التي ادخلها «فيات» واكملها «ديكارت» مرحلة حاسمة في التاريخ ، لا تاريخ الترميز فقط بل تاريخ الفكر الجبري بالذات ، وهو يعكس الانتقال من درجة التجريد عند النحوي الى درجة التجريد عند المناطق المحالصة : من هنا بالذات يصبح الاختصار رمزاً ويرتفع المنطق العددي ، بحسب التعبير الذي اوردته «فيات» ، ليصبح منطقاً خاصاً .

الفصل الثاني :

الثورة الكوبرنيكية

I - علم الفلك عند الإنسانيين (علم الهيئة)

علم الكونيات (كوسمولوجيا) عند نقولا دي كوي (N. de CUES) : تحتل مؤلفات «كوي» في الكوسمولوجيا مكانة ذات أهمية خاصة جداً . فلأول مرة ، هوجم التصور الكلاسيكي لعالم مغلق ومرتب ومنظم ، تصور استولى على فكر البشر طيلة ما يقارب من ألفي سنة - وذلك لصالح عالم منفتح ، ان لم يكن لا متناهياً ، فانه على الأقل غير محدود وواسع الامتداد بلا حدود، عالم « مركزه في كل مكان » محيطه ليس في أي مكان » . لقد فجر «كوي» الأكر السماوية التي تحيط بالكون وتعطيه كيانه وبنيته ، ورفض القول بوجود مركز للعالم تحتله الأرض - المكان « الأدنى » يحتله الجسم الأكثر «حطة» . لقد ألغى « نقولا دي كوي» تقسيم الكون الى منطقة « ما تحت القمر » ، ومنطقة « السماء » الكون واحد ، متنوع ومتشابه مع ذاته ، في كل مكان منه حركة وحياة . وهكذا تكون الأرض ، قد ارتفعت ، بشكل ما ، في السماء ، لتحتل مكانة بين النجوم . ان الأرض ليست مأخوذة الكون « انها كوكب نبيل » . حسب قول «كوي» وهي هذه الصورة لها نورها الخاص وحركتها الخاصة .

ان اصالة وعمق تصورات « دوكت ايغنورانس Docte Ignorance » (1440) التي يعارض بها «كوي» «العلم» المغرور ، علم الفلكيين والفلاسفة هما امران عجيبان . فهو ينكر بشجاعة لا نظير لها ، وجود جهات ، وحتى وجود امكنة متشابة في الفضاء . ويفقد « الأعلى » والأسفل معناه الموضوعي : انها مفهومان نسبيان تماماً . والراصد اذا وقف عند قطب الكرة السماوية يرى الأرض فوقه ، في أوج السماء ، واينما وجد هذا الراصد ، في الشمس وفي أية كوكب سوف يرى العالم يدور حوله ، وبالتالي يظن نفسه انه يحتل مركزه . لأن الحركة بالذات ليست أبداً مطلقة ولا تدرك إلا بالنسبة الى شيء غير متحرك

وكان تحطيم « الكون » شرطاً مسبقاً للثورة العلمية في القرن السابع عشر . من هذه الرؤية تبدو قيمة « دوكت ايغنورانس » بارزة لأنها تحقق هذا التحطيم بشكل جذري .

ولهذا بدا كتابه المذكور ، بحكم راديكاليته القوية ، غير مقبول بالنسبة الى معاصريه ، وحتى

بالنسبة الى خلفائه . ولهذا ، وباستثناء « ليونارد دا فنشي » . لا نجد أي أثر لكوسمولوجية « كوي » . وكان لا بد من انتظار مجيء جيوردانو برونو Giordano Bruno حتى « يفتح تأثير دوكت ايغنورانس » ، وحتى يتحول العالم اللامحدود عند كوي Cues الى الكون اللامتناهي المقبول به في العلم الحديث .

وبالنسبة الى علم الفلك بالذات ، لم تكن عقيدة « دوكت ايغنورانس » ، التي تنكر وجود نقط ثابتة في الكون ووجود حركات منسجمة تماماً ، والتي تنكر بالتالي ، استقرار القطبين ، والدوران الدقيق ، وحتى الدورية الصارمة للحركات السماوية - لم تكن هذه العقيدة منجدة على الإطلاق ، بل بالعكس ان هذه التجديدات ، عند مستوى الامكانيات النظرية ، في القرن الخامس عشر والقرن السادس عشر - كانت قيمة ان تجعل علم الفلك مستحيلاً تماماً . ولهذا لم يكن من المستغرب ان نرى كبار المنجمين في تلك الحقبة ، باستثناء كيبلر Kepler ، لا يعطون أية أهمية لأفكار « كوي » ، والحق يقال انه هو لم يكن يعي أهمية أفكاره . وبهذا يبدو في كتابه De Venatione Sapientae (1463) وكأنه قد نسي ان الكون ليس له مركز :

كتب : « اعطت الحكمة الإلهية لكل شيء طبيعته ، فلكه أو مكانه . ووضعت الأرض في الوسط ، وقررت ان تكون ثقيلة ، وان تتحرك في وسط العالم ، بحيث تبقى دائماً في المركز وان لا تتحرك لا نحو الأعلى ولا نحو الأطراف » .

وهذا لا يحكم الأرض بالجمود ، بل يتركها تتحرك وتدور في مكانها .

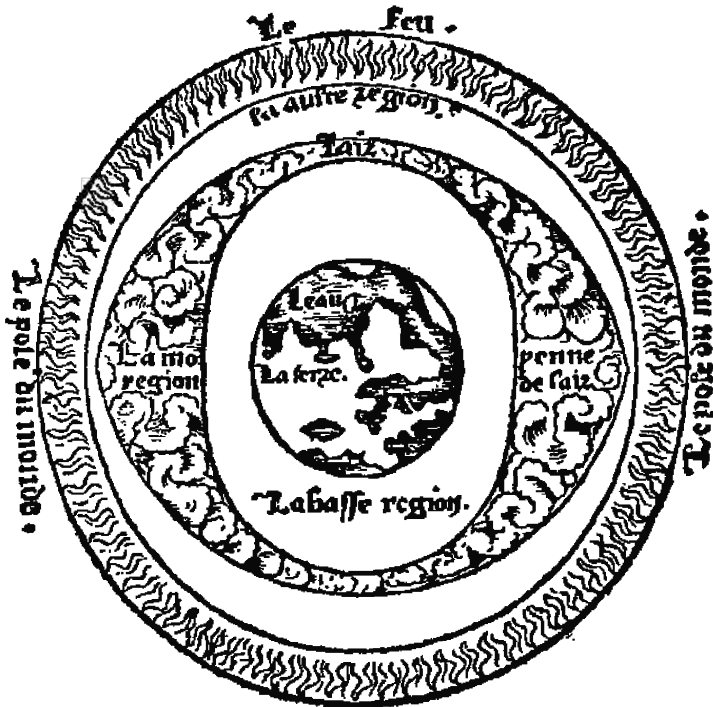
وفي مذكرته كتبها بعد عدة سنوات من سنة 1444 يقول « كوي » : « أن الأرض لا يمكن أن تكون جامدة ، ولكنها تتحرك مثل بقية الكواكب . وهي تدور تقريباً حول محاور الكون ، كما يقول فيثاغور Pythagore » مرة كل اربع وعشرين ساعة ، ولكن الكرة الثامنة تدور مرتين والشمس تدور اقل من دورتين بقليل في نهار وليلة .

وربما يعني هذا ان الأرض تدور حول محورها خلال 24 ساعة وان الكرة الكوكبية ، تدور على نفس المحور وينفس الاتجاه خلال 12 ساعة . وهذا يساوي بالنسبة الى المراقب الأرضي - الذي يظن نفسه متحركاً - دورة بالنسبة الى الكرة الكوكبية المذكورة في نهار وليلة . اما الشمس ، فتأخر قليلاً عن حركة الكرة السماوية ، وهذا يفسر الفرق بين اليوم النجمي واليوم الحقيقي . هذه المذكرة البسيطة تكفي لثمننا من القول ان كوي Cues هو طليعة لكوبرنيك Copernic .

بورباخ Peurbach ورجيومونتانوس Regiomontanus : في القرن الخامس عشر بدا تطور علم الفلك ، المرتبط بالرياضيات تماماً ، محكوماً بجهود « بورباخ » و« رجيومونتانوس » ، لكي يتصل مباشرة بالعلم الأغريقي والعربي كاعداد الترجمات أو تصحيح الترجمات الموجودة ، التي قام بها الكلاسيكيون في علم الفلك ، وبخاصة ترجمة المجسطي وتم وضع « كويمبانيا » لتحل محل « سفيرا Sphaera » (كرة) سلاكروبوسكو Sacrobosco التي اصبح نقصها واضحاً أكثر فأكثر .

وفي مجال الترجمات ، بلغ الجهد الذروة مع نشر الصيغة القديمة للمجسطي Almageste التي وضعها جيرار دي كريمونا Gerard de Crémone (البندقية 1515) وترجمة أخرى جديدة وضعها جورج تريبيزوندي George de Trébizonde (البندقية 1528) . ثم أن النص الأغريقي قد نشره س غرينوس S. Grynaeus ، مع شروحات بابوس Pappus وثيون Théon ، واعد نشره من قبل ج كاميراريوس J. Camerarius (1538) . وقام « بورباخ » بناء على نصيحة بساريون Bessarion بترجمة « المجسطي » ، مع تأليف خلاصة (ايتوم) من عمل « بطليموس » ، ثم أوكل الى رجيو مونتانوس Regiomontanus مهمة متابعة هذين العاملين اللذين تركها غير كاملين .

واذا كان « رجيومونتانوس » لم يكمل الترجمة التي بدأها « بورباخ » ، فإنه اكمل « الأيتوم Epi-tome » ونشرت ، بعد موته ، في البندقية سنة 1496 . هذه الخلاصة « ايتوم » هي تكملة علمية « للنظريات الجديدة في النجوم » التي وضعها « بورباخ » (نورمبرغ 1472) وهو كتاب أولي بسطت فيه النظريات حول الكواكب ، وعرضت بدون الاثباتات الموجودة ، بالمقابل ، في « الأيتوم » . و« النظريات » التي أوجدت لتحل محل « الكرة = سفيرا Sphaera » التي وضعها ساكروبيوسكو



صورة 3- « القسم النموذجي من العالم » عن أرسطو . (أ. فينيه ، « نظرية السماوات » ، 1528)

Sacrobosco للتعليم⁽¹⁾ نالت شعبية كبيرة حتى أواخر القرن السادس عشر ؛ وقد أعيد طبعها كثيراً ، واقتترنت عادة بشروحات ، من بينها شرح أورونس فينيه Oronce Finé . وشكلت « النظريات » القسم الفلكي من المارغاريثا فيلوزوفيكاً «Reisch» ، وترجمت الى الإيطالية سنة 1556 .

في هذين الكتاين يبدو « بورباخ » بطليموسياً من الدرجة الأولى ، الا في نقطتين : فهو بعد العرب يضيف « الارتجاج » الى مختلف حركات الأجرام السماوية ، التي تصورها الفلكي الأفرقي الكبير ، وايضاً ، وبعد العرب أحل المدارات الثابتة على الدوائر الرياضية الخالصة في المجسطي ؛ هذا الإحلال - الذي بدأ به من قبل « بطليموس » بنفسه في « فرضيات الكواكب » - يبدو لي ذا دلالة على رفض علم فلك مبني على الحسابات الخالصة دوناً علاقة بالواقع الموضوعي ، أو ، ان شئنا ، انه رفض قبول نوع من الحقيقة المزدوجة فلسفية وعلمية ، أي الفيزياء (ومعها الكوسمولوجيا) التي قال بها « ارسطو » من جهة ، وعلم الفلك الذي قال به « بطليموس » من جهة ثانية ، وقدم « بورباخ » ايضاً ملاحظات فلكية من اجلها وضع كتابه الهندسة الرباعية Quadratum geometrieum . وقدمت اعماله واعمال « رجيومونتانوس » في مجال علم المثلثات للفلكيين ادوات حساب اكثر دقة واكثر طواعية . وبفضل هذه الأدوات ، في بداية القرن 16 ، أصبح الاستيلاء على الماضي قد اكتمل . وعندها وجد علم الفلك في وضع شبيه نوعاً ما بوضع الجبر . وابتداء من هذه الحقبة يبدأ تاريخ بعض نصوص « ليوناردا فينشي » التي ندرسها بسرعة .

«ليونارد» وعلم الفلك : لم يكن «ليونارد» فلكياً ولم يكتشف الاكتشافات التي نسبتها اليه احياناً التاريخية الرسمية ، رغم أنه كان واحداً من الأوائل ، ان لم يكن الأول ، في الغرب على الأقل ، الذي عرف أن النور الرمادي من القمر هو انعكاس نور الأرض . ولم يخترع هو ايضاً كما قيل ، المرصد . الأمر الذي لم يمنعه ، من القيام ، بدون تلسكوب ، باكتشاف مهم جداً - ظل للأسف مجهولاً - استبق به « كبلر » ، وهو الصفة الذاتية للهالة التي تحيط بالكواكب الثابتة ، وبالتالي ، لاجسامها المرصودة . ولكن تصورات «ليونارد» الكوسمولوجية ، وان لم تكن جاهزة على الإطلاق ، وان بقيت غير معروفة ، فهي تحتل مكانها الشرعي بين اكتشافات «نقولا دي كوز» و«كوبرنيك Copernic» . من الممكن - رغم وجود نص شهير ، ولكنه منفرد ، وشديد الغموض فلا يمكن أن تستمد منه استنتاجات مهما كان نوعها ، هو : « il sole non si muove des carnets » ان يكون «ليونارد» قد توصل الى تصور شمسي المركز للكون . وبالمقابل ، من الواضح انه ، بعد «نقولا دي كوي» ، تخلى عن الصورة «الأرض محور الكون» ، وبحركة فكرية مزدوجة ، مقارناً القمر بالأرض ، والأرض بالقمر ، وصل الى القول . بارضية الأرض وكوكبية القمر . وهذا الشأن قال ان القمر يتألف من نفس عناصر الأرض أي تراب هواء ماء ونار . وكتب «كون الأرض تشبه القمر تقريباً» يسمح باثبات «نبالة عالمنا» .

(1) ان سفيرا ساكروبوسكو (Sphaera) : Sacrobosco ظلت تستعمل . وقد أعيد طبعها عدة مرات ، مقرونة بتفسيرات علمية أكثر فاكثراً .

« ليست الأرض في وسط دائرة الشمس - وهنا يتجلى تأثير « كوي » - ولا هي في وسط العالم ، بل في وسط عناصرها التي ترافقها وتتحد بها . ومن يكون على سطح القمر ، عندما يكون هذا الأخير والشمس تحتنا ، يرى أرضنا مع عنصر الماء ، تقوم بنفس الدور الذي يقوم به القمر بالنسبة إلينا » .

وبدلاً من الدوران الكوني ، ساد التصور بأن « ليونارد » آمن بالحركة الإلتفافية للأرض وأنه حاول الإجابة على أحد الاعتراضات الكلاسيكية المناوئة لامكانية حصول هذه الحركة . ولهذا الغاية جرت الإشارة الى نصين متعلقين بحركة سهم مقلدوف عامودياً ولحركة الحجر الساقط في الهواء ، في حين تكون العناصر متحركة بحركة التفافية على ذاتها ، بحيث تكتمل دورتها بخلاف أربع وعشرين ساعة » .

نظام الكرات الدائرة حول ذاتها عند فراكاستورو **Girolamo Fracastoro** وأميسي **Amici** : أن جيرولامو فراكاستورو (1478 - 1553) مدين بشهرته لا لأعماله كفلكي ، بل لعمله الطبي ، وبخاصة قصيدته حول السفس . درس في جامعة بادوم مع كوبرنيك **Copernic** . ويمكن الظن انها قد تحدثا فيها عن المسائل الفلكية ، وانها اتفقا على عدم كفاية علم الفلك البطليموسي وعلم ضرورة استبداله بنظام آخر . ولكن من أجل اجراء هذا الاصلاح ، عمد « كوبرنيك » الى انجاز نظام أريستارك **Aristarque** وعمد فراكاستورو **Fracastoro** الى تحقيقه بأسلوب كاليب **Callipe** . وكانت الفكرة الأولى في عمله : « هوموسانترিকা **Homocentrica** » (البندقية 1538) المقدمة الى البابا بول **Pape Paul III** الذي قدم اليه « كوبرنيك » « ريفوليسيونييس أوربيوم كولستيوم - **Revolu-tionibus orbium coelestium** » . كانت هذه الفكرة قد جاءت ، كما قال ، من جيوفاني باتيستا دلاتوري **Giovanni Battista della Torre** (اخي مارك انتونيو دلاتوري **Marc Antonio della Torre** الذي كان صديقاً ومساعداً ، في الدراسات التشريحية له « ليونارد دا فنشي » . وكان جيوفاني **Giovanni** هذا قد مات فتياً ، وترك له امر العناية في اكمال نظامه . واستلهم الحاجة الى تمثيل الحركات الكوكبية دون استعمال « الدوائر المتداخلة المختلفة المراكز » (**Exentrique**) (إكسانتريك) ولا الدوائر التي مركزها في محيط دائرة كبيرة « ابيسيكل » (**Epicycles**) ، بل استعمل فقط حركات دائرية حول نفس المركز (دوائر وحيدة المركز) ، والرغبة في استعمال محاور هذه الكرات بشكل يجعلها تشكل زاوية قائمة الواحدة مع الأخرى . توضيح قيمته - المنهجية والرياضية - أكيدة ، ولكنه يؤدي الى مضاعفة الكرات : ويحتوي النظام منها ، في نهاية المطاف 76/77 للكواكب والقمر ، زائد كرة اضافية تحت القمر ، مختلفة عن الأخريات ، ونافرة وبالتالي مختلفة الشفافية .

هذه الكرة تفسر الاختلاف والتنوع في لمعان الكواكب اللذين يبدوان كأنهما يثبتان تغييراً في المسافة - وهو الاعتراض الأقوى ضد نظام الأكر الوحيدة المركز (هوموستريك) - هذا من جهة ، ومن جهة أخرى تفسر تغير مدة الكسوفات وحركة المذنبات .

وبذات الوقت الذي عاش فيه « فراكاستورو » ، وبالمستقلال عنه ، بُعث نظام الأكر الوحيدة المركز من قبل جيوفاني باتيستا أميسي **Giovanni Battista Amici** الذي نشر سنة 1536 في البندقية

كثيراً عنوانه « مونتويوس كوربوروم كولستيوم . . » . ان نظام « آميسي » يشبه نظام « فراكاستورو » ولكنه - بالرغم من انه لا يفرض على محاور الكرات الشرط بان توضع بشكل زاوية قائمة ، الواحدة بالنسبة الى الأخرى ، - يبدو أكثر تعقيداً . وفي حقبة من الزمن يوشك فيها ان يظهر نظام « كوبرنيك » - يبدو بعث الأنظمة السابقة على « بطليموس » ، غرابة تاريخية .

مبحث كالكانيي **Calcagnini** : كان يمكن لأعمال سليوكا الكانيي **Celio Calcagnini** ، 1479 - 1541 ان تكون أكثر أهمية من أعمال « فراكاستورو » و « آميسي » . وفي السنة 1520 كتب « كالكانيي » بحثاً يقصد به ان يبين أن الأرض متحركة ضمن نظام ثابت .

وفي هذه المحاولة التي لم تظهر الا في سنة 1544 ، في كتابه الكبير : أوبرا اليكو **Opera aliquot** ، حاول « كالكانيي » الذي ربما سمع عن انجازات « كوبرنيك » والذي شهد بمكانة « نيقولا دي كوي » ، أن يثبت ان الأرض لا تدور الا دورتها اليومية حول نفسها ، وذلك لأسباب ، ليست فلكية بل فلسفية ، فيزيائية . فهو يرى بهذا الشأن ان الحركة تلائم الأرض التي هي مكان عدم الكمال واذا مكان التغير ، وان احتياج الأرض الى الحركة هو أكثر من احتياج السماوات ذات الكمال وذات الطبيعة الإلهية اللذين يقتضيان ليس الثبات فقط بل الجمود أيضاً . فضلاً عن ذلك ، ونظراً لأن الأرض ثقيلة ، وبذات الوقت غير مؤهلة للهبوط ، لأنها تقع في المكان الأسفل من العالم - في وسطه - ، فإذا وضعت موضع الحركة فانها لا تستطيع التوقف ، وبالمقابل : فالسماوات نظراً لإفتقارها الى الوزن ، فهي غير مؤهلة للحركة .

وهذا انقلاب غريب في الديناميكية التقليدية . وهو انقلاب ذكي جداً إذ ان الجسم المقتدر الى الوزن أي الهبولي لا يمكنه تلقي الدافع المحرك . ولو نشر بحث « كالكانيي » سنة 1520 ربما لعب دوراً مهماً في تاريخ الثورة ضد « ارسطو » وضد « بطليموس » ولكنه وقد نشر سنة 1544 أي بعد سنة من نشر كتاب « كوبرنيك » « الثورة في عالم الأفلاك » فقد جاء متأخراً جداً .

II - كوبرنيك COPERNIC

يعتبر عمل « كوبرنيك » في تاريخ الفكر الغربي محطة تاريخية حاسمة : إذ بفضل هذا العمل حصلت الثورة العلمية في القرن السابع عشر التي احلت محل الفضاء المغلق التراتبي القديم والوسيطي ، الكون المسنجم واللامتناهي الذي قال به العصور يون .

ولكن الأمر الغريب هو ان الثورة الكوبرنيكية تبدو لنا بدون مقدمات وبدون اعداد . فلا « نيقولا دي كوي » (الذي ربما عرف « كوبرنيك ») ولا « ليونارد دا فنشي » (الذي لم يعرفه) ، لم يكونا طليعة « كوبرنيك » . واذا كان دوران الأرض حول محورها قد بحث بجدية قبل ذلك ، من قبل نيقولا أورسم **Nicole Oresme** ، فإن أحداً لم يفكر ، منذ اريستارك دي ساموس **Aristarque de Samos** وسولوكوس **Seleucus** بجعل الشمس مركز الكون وإعطاء الأرض حركة مدارية .

وإذا فكتاب «كوبرنيك» «الثورة في عالم السماوات» مدَّ لهم اليد فوق ألفي سنة من التطور التاريخي والنسيان ولكنه وقد تحصن بالتقنية الرياضية الموزونة عن «بطليموس» انجز ما عجز سابقوه القدامى عن الشعور به .

حياة «كوبرنيك» : ولد «نقولا كوبرنيك» في 19 شباط سنة 1473 في ثورن في بروسيا (بوميرليه) . وكان أبوه ، وكان يدعى «نقولا» أيضاً ، برجوازيّاً من كراكوفيا جاء يسكن في ثورن قبل أن تستولي بولونيا على المدينة . وكانت له بربرا وازلرود Barbara Watzelrode من عائلة قديمة مشيخية في المنطقة . فقد «كوبرنيك» أباه وهو في العاشرة فكفله خاله لوكاس وازلرود Lucas Watzelrode الذي أصبح فيما بعد اسقف وarmi ، هل كان «كوبرنيك» بولونياً أم المانياً ؟ . كان بولونياً . ولكني اعترف ان هذه المسألة التي اسالت الكثير من الحبر ، تبدو ناشئة وليس لها أدنى أهمية : فليس عرقه ولا تكوينه الفكري الذي لعبت فيه إيطاليا دوراً لا مثيل له واعظم من دور بولونيا ، هما اللذان يقسمران عبقريته . من وجهة نظر الفكر الذي يهنا وحده هنا ، يبدو «كوبرنيك» نسيج ذاته . في سنة 1491 كان «كوبرنيك» في جامعة كراكوفيا التي تمتعت في ذلك الزمن بشهرة عظيمة وفي الواقع كانت اهم جامعة في الشرق الأوروبي اشتهرت كمرکز ثقافة علمي وانساني . ونحن ننقصنا المعلومات عن دراسة «كوبرنيك» ، ولكن رغم التيقن من انه قام بدراسات معمقة في علم الفلك يبدو أنه تبع البرنامج المعتاد المتبع في كلية الفنون حول الديالكتيك والفلسفة .

ومن بين اساتذة جامعة كراكوفيا ، يشار الى البريرودزو (بروزويسكي) Albert de Brud- zewo (Brudzewski) وهو فلكي ورياضي بارز ، قام بتفسير «نظريات» «بورباخ» سنة 1482 . وكان من المشاهير ، كما أن مؤرخي «كوبرنيك» لم يغفلوا الإشارة الى ان تخصص «كوبرنيك» بالفلك كان متأثر من بروزويسكي Brudzewski ولكن هذه الفرضية تبقى غير أكيدة .

في سنة 1496 عاش «كوبرنيك» في وarmi ، وبعدها انتقل بذات السنة الى إيطاليا ليدرس فيها الحقوق . وفي أول تشرين الأول سنة 1496 دون اسمه في سجل المواليد الألمان في جامعة بولونيا الإيطالية ، مما لا يوجب ان يكون «كوبرنيك» قد اعتبر المانيا . وامي «كوبرنيك» ثلاث سنوات تقريباً في بولونيا الإيطالية وفيها تابع دراساته حول علم الفلك ويبدو انه كان متقدماً في هذا العلم كونه قد تتلمذ على الفلكي الشهير دومينيكو ماريانوفا Domenico Maria da Novara الذي شهد له . وقد درس بذات الوقت القانون والطب والفلسفة وأخذ يتعلم اليونانية .

وفي سنة 1500 ذهب الى روما حيث القى سلسلة من المحاضرات في الرياضيات (وربما في الفلك) . وفي سنة 1501 رجع الى بولونيا لكي يستلم شخصياً ولاية كانونيكاً كاتدرائية فرونبورغ ؛ وقد عين فيها بفضل لوكاوتزلرود Lucas Watzelrode ولكنه بعد انتهاء التنصيب الرسمي حصل على اجازة ورجع الى إيطاليا ، الى بادو حيث درس الطب والقانون . وعلى كل أخذ شهادته في الطب في فراي في 31 أيار 1503 . وبعد تنصيبه عاد الى وarmi ليستلم اسقفية التي بقي فيها حتى موته . وسكن أولاً في هلسبورغ بجانب خاله وتزلرود وعمل له سكرتيراً وطبيباً . ثم سكن قبيل موته في سنة

1512 في فرونبورغ واهتم بادارة املاك الكنيسة هناك والف في ذلك كتاب « مونيتا كوندندا راسبوني *Monetae cudendae ratione* » ومارس الطب بنجاح على ما يبدو . وحصل على تريكتروم *Triquetrum* (آلة للموازاة) وعلى كرة محلقة (وهي آلة فلكية قديمة مؤلفة من حلقات تمثل مواقع الدوائر الرئيسية في الفلك) وعلى مربع ، ويواسطتها قام برصوداته الفلكية التي استعمل قسماً منها في كتابه « ريفوليسيونيوس *Revolutionibus* » .

وضع كتاب الثورة « ريفوليسيونيوس *Revolutionibus* » : يبدو ان « كوبرنيك » قد تكونت لديه الفكرة الرئيسية عن نظامه بصورة باكرا . يقول في مطلع كتابه الثورة انه احتفظ بانجازاه سرياً ، لا تسع سنوات فقط ، كما يقول الشاعر أوراس *Horace* بل ستاً وثلاثين سنة . وهذا الزعم لا يمكن أن يؤخذ بحرفيته ، بالنسبة الى الكتاب بالذات . بل ربما يتعلق بالفكرة الأساسية أي بفكرة الدوران حول الشمس . وهذا ما يعود بنا الى سنة 1505 أو 1506 . والفكرة « السر » التي حفظها « كوبرنيك » لم تكن إلا نسبية . يقول بيركن ماجسر *L. L. Birken mager* ان « كوبرنيك » بعد رجوعه من ايطاليا سنة 1512 كتب ووزع بين اصدقائه بحثاً موجزاً ومختصراً انما واضحاً جداً عن مبادئه في علم الفلك الجديد ولكنه لم ينشر هذا البحث (الذي نشر سنة 1870) ، ولم يكتف به فقط . فقد كان يفهم تماماً انه لا يكفي صياغة افكار جديدة ، او كما اعتقد ، محاولة احياء تصورات قديمة فيثاغورية : بل لا بد من اجل النجاح ، من تقديم نظرية حول الحركات الكوكبية كاملة ومفيدة مثل نظرية « بطليموس » . وهذا ما قدمه لنا كتابه « الثورات » . حيث يتضمن الكتاب الاول عرضاً عاماً لنظام الكون ، ومعه معالجة لعلم المثلثات . اما الكتاب الثاني فيحتوي على عرض حول علم الفلك الكروي مع خسارة للنجوم ، استعمل « كوبرنيك » في صنعها المعطيات القديمة وكذلك الملاحظات الحديثة ، وفيه ايضاً يعيد حساب العناصر الأساسية للحركات مثل طول السنة ، تابع الاعتدالين ، الخ . وفي الكتاب الثالث والرابع من كتاب الثورات يعرض « كوبرنيك » النظريات بشكل مفصل عن حركات الكواكب ، الحركات الظاهرة والحقيقية للشمس والأرض والقمر والنجوم . وليس من المستغرب ان يستمر وضع هذا الكتاب على الأقل حتى سنة 1532 . وربما لم ينته منه الا فيما بعد .

توقد اشتغل « كوبرنيك » في كتاب « الثورات » طيلة حياته يدخل عليه التغييرات والتصحيحات التفصيلية .

حذر « كوبرنيك » وتردده : يبدو أن التفسير (كومنتاريولوس *Commentariolus*) لم تكن معروفة . وعلى كل وبعد حوالي 20 سنة تقريباً وصل كتاب التفسير الى روما حيث استعمله السكرتير البابوي جوهان ويدمانستتر *Johann Widmanstetter* ، ليفسر للبابا كليمان السابع *Pape Clément VII* سنة 1533 مبادئ النظام الفلكي الجديد . ولم يثر أحد ، لا البابا ولا غيره في روما اعتراضات لا ضد النظرية ولا ضد المؤلف . بل بالعكس فبعد ثلاث سنوات أي 1536 قام اسقف كابو *Capoue* وهو احد اعضاء الحوزة الرومانية واسمه نقولا شومبرغ *Nicolas Schönberg* ودعا

«كوبرنيك» الى نشر اكتشافاته وطلب منه ان يعطيه على نفقته نسخة من عمله . ولكن كوبرنيك Copernic لم يعمل بنصيحة الكاردينال . ورغم ان اصدقاءه الآخرين ، وخاصة صديقه تيدمن جيز أسقف كولم ، قد الحوا عليه بان النشر واجب تجاه العلم وتجاه البشرية إلا أن «كوبرنيك» لم يقرر ذلك . فقد كان يخاف من الفضيحة ومن ردة فعل رجال الدين ، ومن الغيبة القاتلة . وهو موقف حذر جداً ولا شك ، ولكنه في محله في ذلك الزمن .

وفي سنة 1539 وصل الى فرونبورغ استاذ شاب من جامعة ويتنبرغ ، اسمه جورج ريتيكوس Georg Joachim Rheticus (1514 - 1574) وسمع اخباراً عن النظريات الجديدة التي قال بها «كوبرنيك» واراد أن يعرف كتبها . ومن المفيد أن نقول ان السلطات في وارمي لم تعارض زيارة هذا الأستاذ الملمد ، وكذلك سلطات جامعة ويتنبرغ ، وحتى لا يبقى النور مخفياً ، قام ريتيكوس Rheticus بعد عدة اشهر من وصوله بتلخيص كتاب «كوبرنيك» . وسماه «التلخيص الأول» «ناراسيو برى» Narratio Prima ، جعله بشكل كتاب ارسله الى معلمه جوهان . شونر Johann Schöner ، وطبعت هذه الرسالة في داترغ سنة 1540 .

ونالت هذه الرسالة نجاحاً كبيراً . وطبعت طبعة ثانية سنة 1541 في بال . وأصبح العالم العلمي بعد الآن يمتلك العناصر الأولية للنظرية ، وكذلك الأسباب التي حملت «كوبرنيك» على ابقاء كتابه سرياً ، أصبحت بدون معنى . ولهذا قرر «كوبرنيك» نشر كتابه . واعطيت المخطوطة الثمينة الى تيدمن جيز Tiedemann Giese الذي نقلها الى ريتيكوس Rheticus الذي عاد في هذه الأثناء الى ويتنبرغ . وقام ريتيكوس Rheticus بطبع المخطوطة في نورمبرغ بواسطة جوانس بطرس Johannes Petreius . ويذكر «جيز» أن «كوبرنيك» رأى وهو على فراش الموت في 24 أيار سنة 1543 أول نسخة مطبوعة من كتابه .

مقدمة اوسيندر Osiander : ولكن ريتيكوس Rheticus لم يحسن القيام بمهمته . فقد عين سنة 1542 استاذاً في جامعة لينزغ . وترك مهمة مراجعة الطبعة لصديقه اندريا اوسيندر Andreas Osiander وهو تيولوجي لوثري مشهور ، ولكنه هرطوقي قليلاً . وقام هذا ، وكان يعرف بالتجربة الشخصية مساوئ الاضطهاد ، كما كان يخشى ردة الفعل العنيفة من قبل رجال الدين وجماعة «ارسطو» فقرر اتخاذ بعض الاحتياطات . وفي الواقع ان جرأة «كوبرنيك» قد اذهلته هو بالذات ؟ ان التصور الجديد للكون مناقض تماماً للكتاب المقدس ، وكان اوسيندر لوثرانياً مؤمناً بما فيه الكفاية لكي يشك بحرفية الوحي .

ولهذا سبق ان اقترح على «كوبرنيك» سنة 1541 حلاً أنيقاً لهذه المشكلة وذلك باعتماد نظرية ظاهراتية للعلم ، فالعلم - وخاصة علم الفلك - برأي «اوسيندر» ، ليس له الا غاية واحدة وغرض واحد ، هو «انقاذ الظاهرات» ولم يكن قصده أي قصد العلم المتور على الأسباب الخفية ولا على الحركات الحقيقية للأجرام السماوية . لأنه عاجز عن ذلك - بل غايته ربط وترتيب الملاحظات بواسطة فرضيات تمكنه من الحساب ومن التنبؤ مسبقاً بالأوضاع (الرئية والظاهرة) للكواكب . وهذه

الفرضيات ، فرضيات « كوبرنيك » وغيره من الفلكيين ، يجب ان لا تدعي انها حقيقية ، وواقعية ، بل ان تكون فقط بسيطة ، وان تكون ملائمة للحسابات . وهذا ما شرحه « أوسيندر » في مقدمة مزعومة تحت عنوان « الى القارئ » ، حول فرضيات هذا الكتاب (كتاب ريفوليسيونيوس De revolutionibus) . ولم يوقع على هذه المقدمة ، بحيث ظلت لمدة طويلة وكأنها صادرة عن « كوبرنيك » بالذات ، وظن بعض القراء ، ومن بينهم الكاردينال بلارمين Bellarmin انها تعبر عن فكر كوبرنيك . وطبعاً هذا خطأ . لأن كوبرنيك لا يشاطر « أوسيندر » وضعيته الايجابية . ان منهجيته العلمية واقعية خالصة .

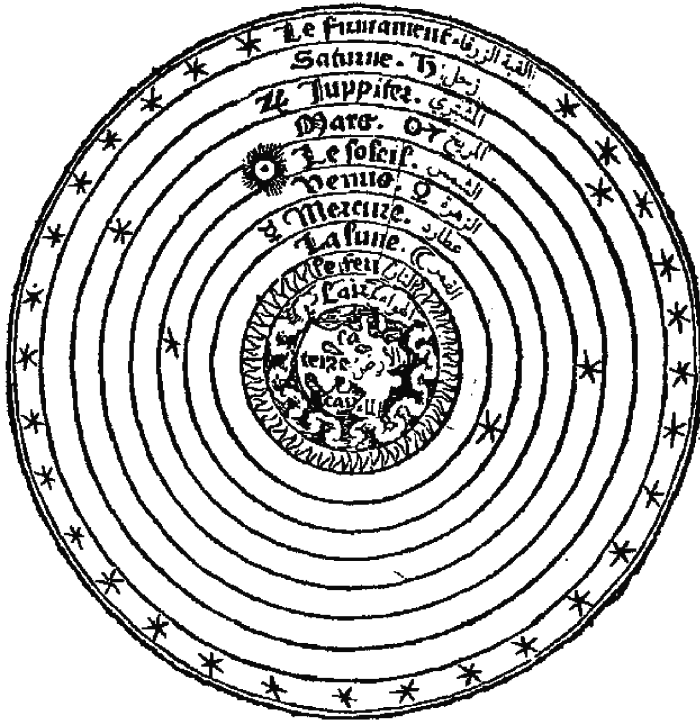
اسس النظرية الجديدة . تكوين الفكر عند « كوبرنيك » : يفسر كوبرنيك في التقديم الذي وجهه الى البابا بولس الثالث Pape Paul III ، والذي يشكل مدخلاً لكتابه ، يفسر الأسباب التي حملته على وضع نظرية جديدة حول حركات الكواكب : وملخصها الخلاف بين الرياضيين ، وتعدد وتنوع الأنظمة الفلكية وكذلك عجز هذه الأنظمة كلها عن تمثيل الحركات الظاهرة بدقة ، ويقائنها امينة لمبدأ الحركة الدائرية المنسجمة والموحدة . وكان من الواضح أن « الرياضيين » إما انهم اهملوا المبادئ الأساسية ، أو أنهم ادخلوا فرضية خاطئة في انظمتهم ومناهجهم .

وبعد ان قرأ كوبرنيك كل الكتب الفلسفية التي تعالج هيكلية الكون ، وجد عند بعض المؤلفين مثل هيسيتاس Hicetas ، وهيراقليد دوبون Heraclide du Pont ، واكفونتوس Ecphantus أنهم كانوا يؤمنون بحركة الأرض . وهذا المثل دفعه الى تفحص هذه النظرية بنفسه ، رغم استحالتها الظاهرة . وتبين انها تقدم تفسيراً ممتازاً للظواهر السماوية وتؤدي الى عالم كامل الانتظام . والنتيجة التي تفرض نفسها : خطأ الرياضيين انهم جعلوا الأرض محور الكون ومحور الحركات السماوية .

وكانت المعلومات الموجزة نوعاً ما التي قدمها « كوبرنيك » حول تاريخ فكرته تتيح له ان يستخلص بعض الاشارات التي تؤكد وتثبت النظريات الموجودة في كتاب كومنتاريولوس Commentariolus « التأويل » ، كما هو الحال . عند ريتيكوس Rheticus . ويقول « كوبرنيك » بوضوح مأخذه على نظام « بطليموس » : أنه بالدرجة الأولى عاجز عن أن يبقى اميناً للمبدأ الأساسي القائل بانسجامية الحركة الدائرية للأجرام السماوية ، وانه شوه هذا المبدأ باختراعه ما يسمى بـ équants ، وبالدرجة الثانية انه اعطى صورة غير عقلانية عن الكون .

يذكر كوبرنيك بخلاف مؤلفه (الكتاب الأول) وهو يعرض المصاعب الملازمة لنظرية حركات الزهرة وعطارد (فينوس ومركور) ، يذكر بتصور وارد عند مارتينانوس كابلا Martianus Capella . ويموجه يدور الكوكبان المذكوران حول الشمس . ويضيف « كوبرنيك » انه اذا أراد أحد تطوير هذا التصور يتوجب عليه أن يضع الشمس في وسط حركات زحل (ساتورن) والمشتري (جوبيتار) والمريخ (مارس) ، وهكذا يعثر على التفسير الحقيقي لحركاتها . مسار غريب لأن الشمس تلعب دوراً عادياً في علم الفلك البطليموسي . فهل نجد هنا ذكراً لمسار فكره الخاص ؟

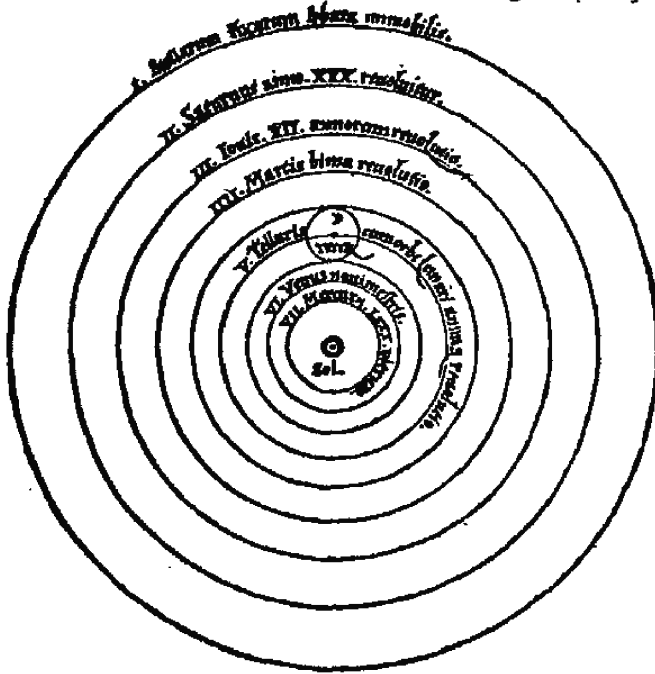
يقول ج.ج. ريتيكوس G.J. Rheticus في كتابه (نراسيوبرما Narratio Prima) ان التغيرات الكبيرة في لمعان كوكب المريخ عند بزوغه صباحاً قبل الشمس وفي الغسق بعد المغيب هي التي اقنعت «كوبرنيك» ان الشمس هي مركز حركات هذا الكوكب . ويبدو هذا دالاً على نفس مسار



صورة 4- الكون الوسيطى : وصف « الدوائر السماوية » بحسب بطليموس.أ. فينه ، نظرية السماوات ، 1528)

الفكرة ومع ذلك لو اتبع كوبرنيك هذا التحليل الذي رسمه جان سكوت اريجين Jean Scot Erigène قبله ، لكان طور نظام تيكوبراهي Tycho Brahé لا نظامه هو . ولتجاوز هذه المرحلة ، ووضع الشمس في مركز الكون، ووضع الأرض بين الكواكب كان لا بد من شيء آخر ضروري ، هو بصورة خاصة الالهام الفيتاغوري العميق الذي يعتبر باعث كوبرنيك Copernic ، والذي نجد تعابير ملفته له في كتاب نراسيوبرما Narratio Prima الذي لوضعه تلميذه ريتيكوس Rheticus وبالواقع يتضمن كتاب كوبرنيك ريفوليسيونيوس De revolutionibus نشيداً حقاً للشمس - التي هي عين وفكر الكون وعميده ، وهي الإله المرئي بحسب فول تريسميجيست Trismegiste ، فضلاً عن ذلك يبدو التحليل الذي يعطي للشمس المكانة المركزية نظراً لكمالها - « من في هذا المعبد الكوني يضع هذا المصباح البهي في مكان آخر أو أفضل ، غير المكان الذي منه يمكن انارة كل شيء بأن.

واحد؟ « هذا التحليل يكشف عن تحول جذري في الحساسية الهندسية التراتبية، التي، خلافاً للتحول الذي تقول به الأرسطية والمسيحية، في المركز الرئيسي لا في المركز الأدنى أو الاحقر، بل تقول برأي الفيشاغوريين انها في المقام الأجل والأشرف.



صورة 5 - الكون عند كوبرنيك (ريفوليسيونيوس ... 1543)

تبسيط الأليات الكوكبية : يأخذ « كوبرنيك » على علم الفلك المقبول عموماً في زمانه ، فضلاً عن نواقصه المذكورة ، يأخذ عليه تعقيداته الكبيرة . وبهذا المعنى كتب يقول : من الأفضل افتراض حركة الأرض ، وإن بدا ذلك مستحيلاً ، من أن نترك الفكر يضيع أو يتمزق بتعدد الدوائر والمدارات في علم الفلك القائل بمحورية الأرض . وعندما ننظر الى الرسيمة التي وضعها لعالمه نؤخذ بجمالها وبساطتها . مع ان هذا الشعور ليس صحيحاً تماماً . أن عدد الدوائر في علم الفلك البطليموسي لم يكن كبيراً كما قال « كوبرنيك » . وكوبرنيك اضطر الى القول بوجود 34 مداراً . وقد اصدر هذا القول في عرضة التمهيدي . ولكنه تخلى فيما بعد عن هذه المقارنة . وبهذا الشأن ، ونظراً لأن تقنية « كوبرنيك » الرياضية ماثلة لتقنية « بطليموس » (نظراً لتخليه عن الايكوانتس (Equants) أو التوازن) أو حتى التقنية ايبارك Hipparque (الكواكب لا تتحرك حول الشمس ولا القمر حول الأرض) ، وفقاً لدوائر كاملة وبسرعة موحدة ، مع هذين ، بالحاجة الى دمج الحركات الدائرية - الدوائر ذات المحور الواحد والمتحركات المختلفة - لكي ينقذ الظاهرات ، أي لكي يجد من جديد معطيات الملاحظة . ويعتبر تحويل الحركة اليومية من الكرة السماوية الى الأرض

تقدماً ضخماً . ولكنه لا ينقص من عدد الحركات . وتحويل حركة الشمس السنوية الى الأرض، كما اثبتها كبلر Kepler بكفاءة يربحنا دائرة بكل كوكب : الناقل بالنسبة الى الكواكب الدنيا والايبيسيكل او التمحور بالنسبة الى الكواكب العليا . ولكن ترك التوازن (Equants) ، هذا العنوان المجيد بالنسبة الى علم الفلك الكوبرنيكي يدخل تعقيدات ويقتضي بالعكس من ذلك اضافة دائرة إضافية . وفيما يتعلق بالأرض اضطر « كوبرنيك » الذي يؤمن بالمدارات المادية التي تحمل الكواكب ، ان يسند الى الأرض، فضلاً عن حركتها اليومية الذاتية والحركة المدارية، حركة ثالثة تحفظ لها ثبات اتجاه محور دورانها . وبذلك استعمل هذه الحركة الثالثة بعد جعلها ابطاً من الثانية (المدارية) ، ليفسر تتابع الاعتدالات . وخلافاً لكل قاعدة نجح كوبرنيك Copernic ، بشأن نظرية القمر التي لا تتأثر بالقول بمركزية الشمس ، نجح كوبرنيك Copernic في تبسيط هذه النظرية بعد تخليصها من التوازن (Equants) (وهذا يدلنا على اتزان عبقريته الحسابية) وذلك بتخليصه نظرية القمر هذه وجعلها بذات الوقت اكثر قرباً من الظواهر مما كانت عليه نظرية «بطليموس» .

تنظيم الحركات الكوكبية : ولكن تفوق نظام « كوبرنيك » لا يقوم فقط على انقاص عدد الحركات السماوية والدورات المطابقة لها . ان هذا التفوق يقوم على توحيد ومنهجة هذه الحركات : ان مدة مسار الكوكب حول الشمس تتبع أو هي رهن بالمسافة التي تفصل هذا الكوكب عن الشمس .

هذا التفوق موجود ايضاً في تفسير عدم انتظام الحركات الظاهرة وما يعترها من ببطء وتوقف وتقهقر، وركض الى الامام بفعل البعد المتأني من حركته المراقب بالذات . وعلى هذا الأمر يركز ريتيكوس Rheticus الذي يشير الى مدى التبسيط الذي تقدمه فرضية حركة الأرض عند تفسير الظواهر السماوية .

يقول لنا بهذا الشأن : «ترصد الكواكب كل سنة وتبدو كأنها تحركها حركة مستقيمة او متقهقرة ، فتبدو وكأنها واقفة او قريبة أو بعيدة من الأرض الخ . ان كل هذه الظواهر ، كما يثبت ذلك معلمي يمكن أن تفسر بحركة منتظمة تقوم بها الأرض الكروية حول الشمس ضمن مدار يسميه معلمي المدار الأكبر . وبضيف : في الواقع هناك شيء إلهي في الواقعة بأن فهماً اكيداً للظواهر السماوية يجب ان يتعلق بالحركات المنتظمة والموحدة للكرة الأرضية وحدها

جهود الكرة السماوية : يبدو هجوم « كوبرنيك » على علم الفلك وعلم التنجيم التقليديين مهما للغاية . فهو يبين لنا ان الانتقال من محورية الأرض الى محورية الشمس لا يقتضي اخلال نظام الدوائر أو الحركات السماوية على نظام آخر بقدر ما يقتضي الايمان بثورة فكرية اكثر عمقا وذات مدى أبعد من الاكتفاء باصلاح سهل وبسيط لعلم الفلك . يرد «كوبرنيك» على «بطليموس»، وبصورة خاصة على «أرسطو»، بقوله انه من غير الممكن ارادة تحريك المكان من دون تحريك محتل هذا المكان ، وانه بسبب ذلك يجب أن تعتبر السماء المنجمة، التي هي مكان الكون ، كما يقول أرسطو، يجب أن تعتبر ثابتة غير متحركة . وهذه الحجة تبدو لنا معقولة تماماً . وبالفعل نشعر بأنه مخالف للعقل ترك هذا الكون الواسع غير المتناهي بالنسبة اليها يدور حول حبة غبار صغيرة . نحن مقتنعون بذلك . ولكن

الارسطوي (أو البطليموسي) لا يقتنع . فعالمه وان كان كبيراً نوعاً ما - عشرين ألف شعاع ارض تقريباً - ليس ضخماً وهو يتعارض في توسيعه - اذ لا مبرر له من وجهة نظره - من قبل « كوبرنيك » . فهذا الأخير لكي يتفادى الاعتراض الطبيعي جداً والمقاتل بان على الحركة المدارية للأرض ان تظهر تغييرات ظاهرة (نجوماً ثابتة) ، اضطر أن يكبر شعاع الكون (بحوالي ألفي مرة على الأقل) كما اضطر على التأكيد انه (بالنسبة الى كرة الثوابت وهي كرة يؤكد هو وجودها) ليست الأرض (كما يقول «بطليموس») بل المدار الأرضي « المدار الكبير » هو كالنقطة ، وهذا تحليل لا يستطيعه الارسطي أن يرى فيه إلا ادعاء مبدئياً ، أما نحن ، فبالعكس ، لا نستطيع ألا نعجب بهذه « النزعة القوية نحو الحقيقة » والتي تتأجج في عقله .

دوران الأرض - جواب على اعتراضات التقليديين : ثم ان التقليدي يشعر بوجود تعارض اسامي وكمي ، بين الأرض ، الثقيلة الجامدة والأجرام السماوية التي لا وزن لها : فلتحريك الأولى لا بد من محرك خارجي مادي ذي قوة هائلة . أما حركات الأخيرة فهي بالعكس ، نتيجة لكمالها ، أي لطبيعتها بالذات . الا ان « كوبرنيك » لا يشعر بشيء من هذا ، فالأرض في نظره لا تتعارض من حيث نوعيتها مع بقية الكواكب : بل هي واحدة منها . وما يصلح لهذه يصلح للأرض . ويرد كوبرنيك على الاعتراض الفيزيائي بأن دوران الأرض يجب ان يولد قوة ضخمة ، خارجة من المركز (سانتريفوج) من شأنها ان تمطم الأرض الى شظايا ، بان نفس الإعتراض يمكن ان يثار ضد حركة الساعات ، خصوصاً وان سرعة حركتها اعظم بكثير من سرعة حركة الأرض .

وقد اثار علم الفلك البطليموسي وكذلك فيزياء « ارسطو » ، اثباتاً لجماد الأرض في مركز الكون ، الحجة بان الأجسام الثقيلة تهبط كلها نحو « الأسفل » أي نحو هذا المركز ، وانه هنا ، بالتأكيد مقرها الطبيعي . يرد كوبرنيك : هذا غلط . ان الأجسام الثقيلة لا تنزع نحو وسط العالم . فالثقل ليس الا النزوع الطبيعي لأجزاء كل ، فصلت عن هذا الكل ، لكي تعود اليه . ولهذا فالأوزان الأرضية ، لا تسعى اطلاقاً للاقتزاب من « مركز العالم » لتستريح فيه ، بل تكفي فقط بالنزوع نحو «كلها» أي الأرض . ويكون الأمر كذلك ، فيما يخص هذه الأجزاء المفصولة عن القمر وغيره من الكواكب . انها تنزع نحوها ، لا نحو مركز الكون . وهكذا يتبين ان الفضاء الكوبرنيكي ليس ابداً الفضاء المختلف فيزيائياً ، فضاء « ارسطو » لا شك أنه يبقى محدوداً ومغلّقاً ضمن قبة السماء . ولكنه داخل هذه القبة مهندس ومعكوم .

يقول كوبرنيك : « ولكن ماذا نقول عن الغيوم وغيرها من الأشياء العائمة في الهواء ، وكذلك الأشياء التي تهبط ، أو بالعكس تنزع نحو الأعلى ؟ » وذلك في مجال الرد على الاعتراض القديم على حركة الأرض ، المقاتل بأنه : اذا كانت الأرض تتحرك ، فان الحجارة المقلدوفة في الهواء (أو المقلدوفة من اعلى برج) لا تقع أبداً في المكان المقصود من قبل الرامي (او عند اسفل البرج) ، بل تظل متاخرة ،

كما « تبقى متأخرة أيضاً » الطيور ، والغيوم والهواء ذاته ، الذي يشكل ، بهذا ، عاصفة رهيبة تصفر باستمرار دائم من الشرق نحو الغرب ؟

يرد كوبرنيك بكل بساطة : لما كانت هذه الأشياء أرضية ، فإنها والطيور والسحب والهواء وحتى النار تشارك في حركة الأرض وتنجر وراءها . من جراء هذا « فالأشياء التي تقع وترتفع » تقوم بحركة مختلطة بالنسبة الى الكون ومؤلفه من مستقيم ومن دائري ، يدولنا ، نحن ، مستقيماً .

أهمية الحركة الدائرية المنسجمة : « وكوبرنيك » الذي يبدو وكأنه قد استلهم « نقولاً دي كوي » ، يعتقد بأن الشكل الكروي - وهو الأكمل هندسياً وان كل الأجسام الطبيعية تفتش عنه بسبب هذا الكمال بالذات - ليس هو الأكثر اهلية للحركة فقط - وهذا ما يسلم به الجميع - بل أنه سبب كافٍ لها ، وانه يولد بالطبع الحركة الأكمل والأكثر طبيعية أي الحركة الدائرية .

نحن نفهم الآن لماذا اعتبر « كوبرنيك » مبدأ الحركة الدائرية المنسجمة كأساس لكل الحركة السماوية : انه الوسيلة الوحيدة لجعل الآلة الكونية تتحرك . فالجسم المستدير مثل المدار الكوني اذا وضع في الفضاء فسوف يدور على نفسه دونما حاجة لمحرك يجعله مستمراً في الدوران ولا هو بحاجة الى مركز فيزيائي مثل المركز الذي لم يستطع « أرسطو » الاستغناء عنه . ولهذا لا يوجد مثل هذا المركز في علم الفلك الكوبرنيكي .

مركز الشمس ودورها : اذا كان « كوبرنيك » يضع الشمس في وسط الكون فهو لا يضعها في مركز الحركات السماوية . ان مراكز الاجرام السماوية ليست داخل الشمس بل حولها . واذا كان عالم كوبرنيك شمسي المركز فان علم الفلك عنده ليس كذلك مباشرة . فحركات الكواكب لا تتعلق بالشمس بل تتعلق في مركز مدار الأرض الذي هو خارج المركز بالنسبة الى الشمس Excentrique وهذا المركز في المدار الأرضي يدور بنفسه حول الشمس - وبصورة أدق أنه موضوع على مدار صغير Epicycle هو مركزه - ولكن حركته بطيئة جداً - فالمدار يدور خلال 3434 سنة اما مركزه Déférent فيدور خلال 53000 سنة بحيث لا يظهر في الحساب عملياً . ويتج عن ذلك مفارقة هي ان الشمس في ميكانيك كوبرنيك تلعب دوراً ضعيفاً جداً . ان وظيفتها الرئيسية هي شيء آخر : فهي تنبر الكون وتعطيه النور وهبه وظيفة مهمة جداً تفسر وتؤمن المكانة التي تحتلها الشمس في العالم . انها الأولى من حيث الشأن وهي المركز من حيث الموقع .

كون « كوبرنيك » : لم يكن كوبرنيك « عصرياً » . وكونه ليس الفضاء اللامتناهي كما يقول علم الفيزياء الكلاسيكي . ان كونه له حدود مثل كون « أرسطو » . انه أكبر بكثير ، كبير الى درجة انه لا يقاس . ولكنه له نهاية ومحدود بكرة النجوم الثابتة . والشمس في مركزها . وحول الشمس تقوم المدارات التي تدعم وتحمل الكواكب ، مدارات حقيقية مثل الكرات البلورية في علم الكون الوسيط . وتدور المدارات بسبب شكلها وتحمل معها الاجرام التائه المثبتة داخلها مثل الجواهر في عقدها ، منسجمة في حركاتها مع قوانين الميكانيك السماوي المتحرر من الأخطاء التي أدخلها « بطليموس » .

وشيء عجيب ولكنه كثير الوقوع في التاريخ خرجت الثورة من الإصلاح ، والحركة المتقدمة خرجت من الرغبة بالرجوع الى الوراء . من ذلك أن المعاصرين لكوبرنيك أولوا كتبه هكذا : عودة الفيشاغورية على يد « بطليموس » جديد .

III - انتشار أفكار كوبرنيك

يعبر عمل « كوبرنيك » عن رؤية كونية كما يعبر عن فكر علمي . وهذا ما يفسر ، الى حد ما ببطء انتشار الكوبرنيكية .

إذا كانت معرفة نظام « كوبرنيك » قد انتشرت ببطء ، وإذا كانت فائدة كتبه قد ظلت حية ناشطة الى درجة انها دفعت في سنة 1566 الى اعادة طبع كتابه « ريفوليسيونيوس De Revolutionibus » مع كتاب « ريتيكوس نراسيوبريا Narratio Prima de Reticus » كملحق . فقد اختلف الأمر بالنسبة الى تبنيه . فقد أثار الإعجاب - خلافاً لتوقعاته - وقد أخذت عنه عدة أساليب في الحساب . وقد قرن اسمه غالباً بالقباب مثل « بطليموس » الثاني . ولكنه قلما أتبع . فضلاً عن ذلك ومن بين الذين اتبعوه يجب ان نفرق بين الذين يرتضون الكوبرنيكية كتقنية رياضية جديدة وعالية ، اعلى من تقنية بطليموس ، ويستخدمونها لبناء الجداول وحساب الرزنامات اليومية ، وبين الذين يرتضون مركزية الشمس كمعبر عن حقيقة فيزيائية في الكون ، وكذلك الذين يضعون على نفس المستوى فرضية فلكية كوبرنيك وفرضية بطليموس .

ألمانيا والبلدان المنخفضة وإيطاليا : من بين الذين يؤمنون بحقيقة الكوبرنيكية نذكر في ألمانيا ريتيكوس Reticus ، وكريستوف روثمان christoph Rothmann الذي كان فلكي الأمير غيليموم الرابع Guillaume IV أمير هسكاسل . وميشال ماستلين Michael Mästlin معلم كبلر Kepler الذي نشر في سنة 1596 كتابه اسرار الكون . ثم ان ريتيكوس Reticus في اواخر حياته وضع بعد ان استلهم باراسلس Paracelse مشروع كتاب عن علم الفلك الألماني ، ولم يوضح طبيعته . في حين ان اراسم رينولد Erasmus Reinhold مؤلف الجداول الشهيرة : « تابولا بروتيكا Tabulae Prutenicae » 1551 التي وضعت لتصحيح النتائج العملية عند « كوبرنيك » ، وضع تفسيراً لكتاب كوبرنيك ريفولوسيونيوس (الذي ظل غير مكتمل وغير مطبوع) ، دون ان يقبل حقيقته الفيزيائية رغم انه مجد كوبرنيك بلقب « الأطلس الثاني » ، كما انه لم يعط بياناً نظرياً عن نظامه في كتابه « الجداول » . وأمتدح اراسم أوزولد شريكن فوش Erasmus Oswald Schreckenfuchs وهو ناشر بطليموس ، كوبرنيك كثيراً ، وقال بإمكانية تزيير حركة الأرض الى حد ما . وهو أقرب أن يكون عبداً لكوبرنيك . ونضيف أيضاً الى مؤيدي كريستيان أورستيس Christian Wursteisen (أوراستييوم من بال) الذي ، حسب ما روى غاليليه Galilée ، أعطى في إيطاليا محاضرات عن كوبرنيك . (إلا أن غاليلي يجعلها في روستوك) .

وفي البلدان المنخفضة هناك جيما فريزيوس Gemma Frisius عيّد لا يرى بطلان حركة الأرض . ولكنه اقل اهتماماً بصحة النظرية الجديدة من اهتمامه بالجداول ، لأنها أكثر دقة من الجداول الموجودة ، رغم ان النظرية هي قاعدة تنظيم الجداول . وفي ايطاليا رفض بندي Benedetti التصور الأرسطي للكون وتكلم عن كوبرنيك Copernic باعجاب ولكنه لم يفهم عقيدة كوبرنيك ولا يمكن ان يعتبر من انصاره حقاً . اما جوردان برونو Giordano Bruno فهو مناصر مقتنع . انه الكوبرنيكي الايطالي الوحيد قبل «غاليلي» . رغم ان نشاطه الفلسفي والأدبي لم تكن ايطاليا مسرحه بل فرنسا وانكلترا والمانيا .

انكلترا : في انكلترا اشار روبرت ريكورد Robert Recorde في كتابه قلعة المعرفة ، لندن 1556 الى نظرية كوبرنيك باعجاب واعتبره كباعث للأفكار الفيشاغورية ولأفكار اريستارك Aristarque من ساموس ولكنه لا يشير الى صحة نظريته بشيء .

وبالمقابل نشر جون فيلد John Feild روزنامة ظهرت في نفس السنة وحسبت بحسب قواعد «كوبرنيك» ورينهولد الحقيقية بصراحة خالصة .. وبالمقابل اكتفى جون دي في مقدمته للروزنامة ، بحذر ، بموقف ريئهولد Rheinhold . ومع ذلك وبعد سنتين تكلم دي Dee نفسه في كتاب له بروبيديماتا أفوريستيكا Propaedeumata aphoristica . . . (1558 لندن) عن الحركة السريعة للعبة السماوية وعن حركة الشمس .

وبالمقابل كان توماس دغجز Thomas Digges كوبرنيكياً حقيقياً . فمنذ 1573 وفي مقدمة كتابه الآسي سكالا ماتيماتيك Alae seu scalae mathematicae ، وهو كتاب مخصص لدراسة مستنعر «نوبا Nova» 1572 التي يضعها في السماء فوق القمر وأعلن ادغجز خطأ نظام «بطليموس» . وفي سنة 1576 في كتاب برفيت دسكريشن أوف ... Perfit Description of the الذي ضمه الى اعادة طبعة بروغنوستيكاسيون Prognostication ، وكان وضعه والده ليونارد دغجز Leonard Digges ذهب «توماس دغجز» الى أبعد من ذلك . ففي «الوصف» دسكريشن الذي يعتبر تاريخاً مهماً في تاريخ الفكر البشري لم يكتف توماس دغجز بترجمة بعض صفحات ريفوليسيونيونس بل أعطى عرضاً «ممتازاً» للنظام الكوبرنيكي الفلكي بل وايضا ، تجاوز «كوبرنيك» ، وانكر وجود كرة الثوابت . واعلن ان المدار التي توجد فيه الكواكب على مسافات مختلفة من الشمس تمتد الى اللانهاية في الأعلى . لا شك أنه يماهي ايضاً هذا المدار اللامتناهي مع مملكة السماوات ، ويجعله مأهولاً بالقديسين والملائكة . ورغم هذا فانه يعتبر الأول . قبل برينو Bruno ، في التأكيد على لانهاية الكون الشمسي وانه فجر القبة السماوية التي تحيط بالكون وتحمده . و«دغجز» هذا هو الأول الذي تجرأ على انكار أية قيمة للاعتراض الكلاسيكي على حركة الأرض وعلى ذريعة الحجر المقذوف من اعالي البرج . واكد أن هذه التجربة لا يمكن ان تثبت شيئاً لأن الحجر المتروك من اعلى سارية سفينة وهي تسير يقع عند أسفل السارية .

هل ان دسكريشن Description الذي وضعه «دغجز» كان غير معروف عند الانكليز ؟ ربما

كان وليم جيلبرت William Gilbert قد قرأه . فقد انكر هذا الأخير ، بقوة أكثر من « دغجز » وجود الكرات السماوية وقال بلا نهائية الفضاء والكواكب التي تعمُرُه وبالمقابل ، وفي كتابه المسمى ماغنيت De magnete 1600 ، أكد على الدوران اليومي للأرض وفسره بفعل القوى المغناطيسية ، ولكنه قد اغفل مناقشة الحركة المدارية . ويبدو « جيلبرت » هذا مثل باتريزي Patrizi وارسوز Ursus وغيرهما نصف كوبرنيكي .

فرنسا : الأمر الغريب ان فرنسا لم تعرف أي كوبرنيكي حق : ان بونتوس دي تيار Pontus de Tyard ، وجون بينا Jean Péna وجاك بليتيه Jacques Peletier . لا يخفون تقديرهم للعقيدة الجديدة ولكنهم لا يؤيدونها علناً . اما بيار راموس Pierre Ramus الذي يفترض بعديته للأرسطية ان تحمله على تأييد « كوبرنيك » ، فهو يرفض في الواقع علم الفلك الجديد ، باعتباره مثل القديم مثقلاً بالفرضيات الفيزيائية والميتافيزيائية . وهو يريد علم فلك سنياً على الحساب الخالص ، محرراً من كل رابط بالكوسمولوجية أو حتى من ميكانيك سماوي شبيه ، بحسب رأيه بنموذج علم الفلك القديم الكلداني والمصري . لا شك أن كوبرنيك هو فلكي جدير بالاعجاب وقد رفض النظريات القديمة المبنية على وحدة مركز الدوائر وعلى الدوائر ضمن الدائرة الكبرى وخارجها ، واعاد احياء الفرضيات المدهشة التي تفسر الظواهرات بحركة الأرض لا بحركة الكواكب . ولكن للأسف يقول « راموس » ان كوبرنيك لم يرفض كل الفرضيات ، إذ كان من الأسهل عليه أن يضع علم فلك يتوافق مع المواقع الحقيقية للكواكب ، من « ان يحرك الأرض كعملاق » . ولهذا كان يأمل بوضع نظام فلك جديد قائم على الملاحظات وعلى المنطق والرياضيات مع رفض كل افكار القدماء . وزعم « كبلر » انه فعل ذلك : لم يرفض كل الفرضيات بما فيها فرضية الحركة الدائرية التي احتفظ بها « كوبرنيك » ؟

بطء الانتشار : رأينا ان الكوبرنيكيين كانوا قلائل في القرن السادس عشر ولكن الشروحات حول نظرية كوبرنيك كانت أقل بكثير . ومن الناحية العملية ، وإذا استثنينا نراسيورما لريتوكوس Narratio Prima de G.J. Rheticus فان الشروحات لا وجود لها . وبهذا الشأن لم يقيم المعجبون ، وحتى المجذون لكوبرنيك ، ولا ارستيتيوس Urstius ولا ماستلين Mästlin ولا شريكن فوش Schrecken Fuchs الذين وضعوا تأويلات لسفيراسا كروبوسكو Sphaera de Sacrobosco أو لتيوريكا نوفا لبورباخ Theoricae novae de Peurbach ، جميع هؤلاء لم يلخصوا الكوبرنيكية ، ولا أيضاً روثمان Rothmann ، أن تيكوبراهي Tycho Brahé هو الذي نشر سنة 1596 ، في كتابه ابيستولاروم استرونوميكاروم لبر Epistolarum astronomicarum liber الكتب والرسائل الذي ارسلها اليه « روثمن » دفاعاً عن « كوبرنيك » ضد هجمات الفلكي الدانمركي . أما « ريتيكوس » ، وان اصدر سنة 1550 الرزنامات الكوبرنيكية الصريحة ، فلم ينشر نراسيو سيكوندا Narratio Secunda الذي اشار اليه في كتابه « بريما » والذي لم يجعله صدور ريفوليسيونيوس ، وهو كتاب صعب مثل كتاب « المجسطي » ، عديم الفائدة على الإطلاق . ويبدو فضلاً عن ذلك انه اهل بصورة تدريجية علم الفلك وخصص كل طاقته لوضع علم للمثلثات الذي احتل فيه ريتيكوس Rheticus مكانة مشرفة جداً الى جانب الدانمركي توماس فنكي Thomas Fincke (جيوماتريا روتندي 1583

(Geometrica rotundi) . وكان في الواقع الأول في معالجة الوظائف الست التريغو نويمترية بصورة منهجية . وقد تضمن كتابه اوبوس بالاتيوم دي تريونجولوس opus palatinum de triangulis (نوستاد 1596) والذي اكمله تلميذه فالنتين أوتو Valentin Otho ونشره بدلاً منه ، وهو كتاب ضخيم (نصف قطع) ، تضمن جداول عن هذه الوظائف ، محسوبة من عشر ثوانٍ إلى عشر ثوانٍ والشعاع اعتبر مساوياً 10^{10} ثم 10^{15} .

العقبات الرئيسية : هذا الانعدام الكامل للكتب التي تعرض لنظرية « كوبرنيك » يشير العجب ، ويُفسر جزئياً من دون شك ، بالخوف ، الذي يعترف به شريكن فوش Schrecken Fuchs بشرف : الخوف من معارضة سلطة « ارسطو » والوحي . وايضاً يجب التوضيح ، وعدم المبالغة في أهمية التعارض بين القول بمركزية الشمس Héliocentrisme والمعتقد الديني .

وبهذا الشأن يبدو أن الكنيسة الكاثوليكية لم تدرك خطر الكوبرنيكية ، قبل ان يتولى جيوردانو برونو Giordano Bruno - الذي جعل لا نهائياً كون كوبرنيك بحيث غير بنيته كلية - استخراج نتائجها الكامنة . ويبدو ان « كالفوس » كان ، أول كاثوليكي قال ، بوجه « كوبرنيك » ، ليس فقط باستحالة نظريته فيزيائياً ، بل بكونها تتعارض مع العديد من المقاطع في « الكتابات المقدسة » (Commentarii in sphaerans تأويل حول الكرة . . . روما 1570) ، الأمر الذي لم يمنعه ، رغم ذلك ، من امتداح كوبرنيك كفلكي بارع ، مع رفضه « للمجداول البروسية » لرينهولد Reinhold كاساس لاصلاح الروزنامة . وبالمقابل ، نشر رجل دين اسباني ، هودينغوزونيغا Diego de Zúñiga سنة 1584 « تفسيراً لسفر أيوب » ، حاول فيه اثبات ان « التوراة » لا يتعارض مع « المفاهيم الفيشاغورية السائدة في عصرنا والتي جذدها كوبرنيك » .

وبدت الكنائس البروتستانتية اكثر بعد نظر ، فتصرفت في الحال . فقام « لوتر » Luther ، قبل نشر دي ريفوليسونيوس ، ثم لحقه « ميلانكتون Melanchthon » ، بإديان بالحكم على العقيدة الجديدة بأنها تعارض « الكتاب » ، وأقام العالمان البروتستانتيان بوسر Peucer سنة 1551 وتيودوريك Théodoric سنة 1564 ، بوجهها الحجج الفيزيائية ثم حجة « التوراة » « La Bible » وقد فعل تيكو براهي « Tycho Brahé » مثلهم كما نعلم .

ولكن المعارضة الدينية ، التي لعبت الدور الرئيسي لم تصدر عن البروتستانت . فقد جاءت الحجة : « مخالفة للكتاب المقدس » Ex auctoritate scripturae sanctae تنضاف الى الحجج الفيزيائية وتؤكددها . ولكن هذه الحجج ، كانت ، في اساسها ، قوية بذاتها لتحضض القول بأحقية دوران الأرض . الى هذه الصعوبات اشار أنصار الكوبرنيكية : فهذه النظرية لا تتعارض فقط مع الحسن السليم ، بل مع تراث فلسفي مستقر ومتماسك ، تدخل فيه الكوبرنيكية كجسم غريب فضلاً عن ذلك ان الكوبرنيكية تتعارض مع تراث جامعي وتربوي ، وتبدو امام فكر من القرن السادس عشر ، مشوبة بصعوبات قصوى . فقد افترض بهذا الشأن كل من شريكن فوش Schreck en fuchs وماستلين Mästlin وايضاً ستيفن Stevin ، وهو مؤلف أول معالجة علمية للكوبرنيكية

(راجع ايونيميتاماتياتيكا) بعد معالجة كبلر Kepler ، قال هؤلاء جميعاً بأن المفهوم والأساليب الكوبرنيكية هي أصعب من مفاهيم واساليب التراث ، وليست اسهل منها كما يبدو لنا ذلك . واكثر من ذلك ، وليس اقله انها تشير الى شيء - هودوران الأرض - يتعارض مع الحس السليم ويقتضي من الطلاب جهداً تجريدياً هم غير مؤهلين له ، واكثر من ذلك ايضاً ان تفسير الظواهر على انها مجرد مظاهر تحدثها تشابكات الحركات الكوكبية مع حركة الأرض ، ان هذا التفسير هو أكثر تعقيداً من التفسير الذي يقدمه علم الفلك القائل بمحورية الأرض (جيو سوترسم) . واعتبر هؤلاء ايضاً أن علم الفلك الكوبرنيكي لا يمكن أن يدرّس إلا في نهاية الدراسات . ولهذا استمر الكوبرنيكيون في تعليم علم الفلك البطليموسي ، بوعي تام وكامل ، كما فعل ذلك ايضاً «غاليليه» في بادو . ولكن الوضع تغير في القرن السابع عشر بفضل الاكتشافات المرصدة وبفضل نشوء فيزياء جديدة وتراجع الأرسطية . وكل ذلك جعل الحجج التقليدية واهية . ولكن العامل الديني هو الذي اصبح ضاغطاً ، وتغير الوضع : وقامت الكنيسة الكاثوليكية تعارض بشدة وعنف معارضة عقيدة ، اما الكنائس البروتستانتية فتساهلت - ربما لعجزها - وتركزت غيرها يتصرف . وفي القرن السادس عشر كانت المعارضة الجامعية والفلسفية هي السائدة : فقد كان من المقبول تماماً أن يستعمل التقني اساليب الحساب الجديدة ، ولكن كان من غير المقبول تعليم نظرية غير معقولة على اساس انها صحيحة .

اصلاح الروزنامة : عرف النصف الثاني من القرن السادس عشر تحقيق اصلاح مهم هو وضع روزنامة جديدة ، هي الروزنامة الغريغورية ، والتي ما تزال حتى اليوم معتمدة في العالم كله تقريباً . وكان الهدف من هذا الاصلاح ايجاد التوافق بين الروزنامة المدنية الكهنوتية وبين المعطيات الفلكية التي فرضت نفسها : وخاصة من اجل حساب تاريخ عيد الفصح الذي به تتعلق كل الأعياد الأخرى المتحركة في السنة الطقوسية . والروزنامة الجوليانية التي اعتمدها الكنيسة في مجمع نيسنة سنة 325 تركّز على سنة مدارية استوائية مدتها 365 يوماً وربع اليوم : من هنا الحقبة الرابعة السنين ، وقوامها 3 سنوات كل سنة فيها 365 يوماً ثم سنة كبيسة رابعة 366 يوماً . الا أن السنة المدارية الحقيقية هي فعلاً 365 يوماً و5 ساعات و48 دقيقة و46 ثانية . وهذا الفرق البالغ 11 دقيقة و14 ثانية بالسنة يتوافق مع خطأ مقداره يوم واحد كل مئة وثمان وعشرين سنة : وهكذا فان التعادل الربيعي الذي كان في أيام «بوليوس قيصر» يقع في 25 آذار ، قد تراجع عند انعقاد مجمع نيسنة حتى تاريخ 21 آذار . وفي القرن الثامن لم يشر بيد المحترم Bède Le Vénérable الى تقدم ثلاثة أيام بالنسبة الى التاريخ المعتمد من قبل مجمع نيسنة . وفي القرن الثالث عشر قدر ساكرو بوسكو Sacrobosco في كتابه السنة الحقيقية (آني راسيوني Anni Ratione) ، ان السنة يجب ان تقصر . وكذلك روجر باكون Roger Bacon في كتابه تعديل الروزنامة (ريفورماسيوني كالانداري De reformatione Calendarii) ، اقترح على البابا كليمان الرابع Pape Clément IV قرار الواقع الفلكي . ولكن اقتراحه لم يلاق استجابة عند البابا .

ومع تقدم علم الفلك وتزايد الفرق اصبحت المسألة مطروحة . في بيزنطة في القرن الرابع عشر

درس ماتييو بلامتارس Matthieu Blastarès حساب تاريخ عيد الفصح واعتبر تقفور غيرفوراس ان الاصلاح اصبح محتوما . ولكن الامبراطور اندرونيكوس Andronicos رفض الاقتراح لأسباب سياسية . وفي الغرب طلب بيار دالي Pierre d'Ailly في سنة 1414 من مجمع كونستانس ومن البابا يوحنا 23 Pape Jean XXIII ، ان يتخذ التدابير اللازمة . وبعد ذلك بقليل تدخل «نقولا دي كوي» بذات المعنى . واستدعى البابا سيكست الرابع Pape Sixte IV الى روما ريجيمو مونتانسون Regiomontanus وذلك في سنة 1476 ، فقام هذا الأخير باعداد الاصلاح ولكن المشروع توقف بموت الفلكي الكبير . وفي القرن السادس عشر طرح الموضوع من جديد في مؤتمر لاتران Latran سنة 1512 وكتب فيه الكثير ولكنه لم يتحقق . واخيراً ، وفي سنة 1582 أمر غريغوار الثالث عشر Grégoire XIII بأن تعتمد الكنيسة الكاثوليكية نظاماً جديداً في الحساب سمي الرزنامة الغريغورية أو المنهاج الجديد . ويرتكز على نظام وضعه الطبيب الفلكي النابولي لويجي ليلو Luigi Lilio . ولكن هذا الطبيب مات قبل اعتماد حسابه بصورة رسمية . واسندت المهمة في إكمال المشروع إلى كلافيوس Clavius ، لكي يقوم بالحسابات العديدة التي جمعت في مجلد ضخيم تحت عنوان : روماني كالاندرى غريغوريوس 13 ب . م (Romani Calendarii a Gregorio XIII P. M.... روما 1603, 680 صفحة نصفية). ولتصحيح الخطأ المنهجي في الروزنامة الجوليانية ، ألغيت ثلاث سنوات كبيسة كل اربع مئة سنة (أي السنوات التي يكون فيها عدداً صحيحاً من المئات غير القابلة للقسمة على أربعة) . وكان تصحيح تقدم السنة المدنية على السنة الفلكية بذاته سهلاً التحقيق . اذ يكفي الغاء عشرة أيام . وتأكد غريغوار الثالث عشر Grégoire XIII من موافقة حكومات البلدان الكاثوليكية واصدر مرسوماً في آذار سنة 1582 يقضي بأن اليوم الذي يلي عيد سان فرنسوا Saint François ، أي 4 تشرين الأول سنة 1582 ، سوف يعتبر اليوم 15 من ذات الشهر .

ولكن الصعوبة الأكبر كانت تكمن في إيجاد اساس ثابت لاحتساب الفصح ، وهذا يتطلب دعماً للمعطيات الكواكبية الشمسية والقمرية . وبالفعل ، وبحسب قرارات مؤتمر نيسه كان الاحتفال بعيد الفصح في يوم الأحد الذي يلي اكتمال القمر . وهذا يقع في يوم تعادل الليل والنهار أو في اليوم الذي يليه مباشرة . بشرط أن يحدد يوم الفصح بيوم الأحد التالي اذا كان تمام القمر يقع يوم أحد ، وبشرط أن لا يتطابق اليوم المختار مع عيد الفصح اليهودي .

واحل ليلو Lilio من اجل هذا الحسابات المنفذة بواسطة الأيام الذهبية (المؤسسة على دورة ميتون Métion) ، وذلك بحساب عمر القمر في أول كانون الثاني من السنة . وتميز هذا النظام المعقد والكيفي - لأن اكتمال القمر قد يختلف بيوم او يومين عن اكتماله الحقيقي أقول تميز هذا النظام بأنه يتيح تحديد تاريخ عيد الفصح بما يتلاءم مع الشروط التي وضعها مؤتمر نيسه . وقد قبل أخيراً بعد ادخال بعض التعديلات الشكلية عليه من قبل كل الكنائس المسيحية في الغرب . واعتمدت الروزنامة الغريغورية كل من ايطاليا واسبانيا والبرتغال ، وذلك بالتاريخ المحدد من قبل روما . اما فرنسا

فاعتمدته في شهر كانون الأول سنة 1582 واعتمدته المانيا الكاثوليكية في السنة التالية . أما البلدان البروتستانتية من المانيا فظلت تعارض قبول الروزنامة البابوية طيلة أكثر من قرن ولم تعتمدها الا سنة 1700 . أما بريطانيا فظلت حتى سنة 1750 وفي سنة 1752 أصبحت الروزنامة الغريغورية شرعية في انكلترا . وفي 2 أيلول 1752 اضيف 14 الى التاريخ . واغتمت المناسبة لنقل بداية السنة من 25 آذار الى أول كانون الثاني . أما الكنيسة الأورثوذكسية فقد رفضت التجديد الروماني .

وفي سنة 1923 ادخل النظام الجديد الى روسيا بصورة نهائية .

العالم اللاتماهي عند جوردانوبرونو **Giordano Bruno** : لم يكن جوردانوبرونو (1548-1600) فلكياً ولا فيزيائياً ولا رياضياً . ولكن في تلك الحقبة كان علم الفلك مرتبطاً بعلم الفيزياء والإثنان مرتبطين بعلم الكوسمولوجيا أي علم الكون .

ولكن بنوع من الالهام العبقري السابق لاكتشافات « غاليليه » الرصدية ، ومتجاوزاً الى حد بعيد تصورات امثال «دعجز» و« بنديتي » ، ادرك « برونو » لا نهائية علم الفلك الجديد الأساسية . وواجه الرؤية الوسيطة لكونٍ منتظم ونهائي - رؤية وان تكن معدلة ظلت تسيطر على فكر شخص مثل « كوبرنيك » وحتى « كبلر » - تصوره الذاتي لكون لا نهائي ضخّم وغير قابل للعد مقظون بعدد لا نهائي من العوالم الشبيهة بعالمنا (« في لا نهائية الكون والعالم » 1584 . ثم « لا عددية ولا امكانية تصور ضخامة الكون » 1591) . هذه الرؤية ، اضافة الى الانتقاد العنيف للأرسطية التي سوف ينشرها في أوروبا بحماس الرسول ، هي التي سوف تكلف « برونو » حياته ⁽¹⁾ .

ومنذ 1584 ، أي بعد كتابه سنيادولا مينيري . Cena de le ceneri قدم لنا « برونو » عرضاً ودفاعاً عن نظام الفلك الكوبرنيكي . عرض ممتاز رغم بعض الأخطاء ودفاع اغنى به أفكار معلمه وحولها ، مستخدماً بشكل ذكي جداً أفكاراً قدمتها الفيزياء الدافعة . يقول « برونو » : ان الحجج الكلاسيكية ضد حركة الأرض وحركة الرياح والغيم والطيور لا تصلح لأن الهواء يحيط بالأرض (واذا تحركت هذه انجر الهواء بحركتها) . اما برهان الحجر المتروك من اعلى برج او المقذوف عامودياً في الهواء فهو غلوط بنفس الأسلوب . وهذا البرهان الشهير لا قيمة له لأنه يهمل كون التجربة تحصل على الأرض : وكل الأشياء التي تحصل على الأرض تتحرك معها وتتحرك بالنسبة الى الأرض بنفس الأسلوب كما لو كانت الأرض جامدة . وبالعكس من « كوبرنيك » الذي يميز بين حركة الأرض الطبيعية والحركات العنيفة التي تحدث للأشياء فوقها ، يرى « برونو » ان هذه الحركات جميعاً متشابهة . ولهذا لا يتدرج بفكرة طبيعية دوران الأرض بل بالمشابهة القائمة بين حركة الأرض وحركة سفينة تنساب على سطح الماء . ان حركة السفينة العامة لا تؤثر في حركة الأشياء الموجودة على ظهر السفينة . وكذلك الأمر بشأن حركة الأرض : والظواهر التي يتدرج بها لا تحدث إلا إذا تدخل

(1) أوقف من قبل محاكم التفتيش سنة 1592 وظل في السجن 8 سنوات . وبعدها أحرقت الكنيسة في روما برونو بعد ان

أخرجته من الدين وذلك في 17 شباط 1600

المختبر بنفسه في حركتها . ويجب « برونو » على الاعتراض الأساسي ضد هذه الحركة القائمة على فكرة النقل النوعي والخفة وعلى الأماكن الطبيعية وعلى الحركات الطبيعية وهي مفاهيم تشكل الأساس في فيزياء « أرسطو » ، على هذا الاعتراض يجب « برونو » ان النقل النوعي او الخفة لا تنطبق على الأجسام الطبيعية المتكونة بصورة طبيعية اي اذا اخذت بذاتها ، كما لا تنطبق على الكرات الكاملة . مثل الأرض والنجوم . ان النقل النوعي ليس الا ميل الأجزاء للإلتقاء في مكان واحد . ولكن برونو تجاوز كوبرنيك وتذرع « بافلاطون » ففسر ، كما فعل « بيندي » ، بأن النقل والخفة هما أوصاف نسبية .

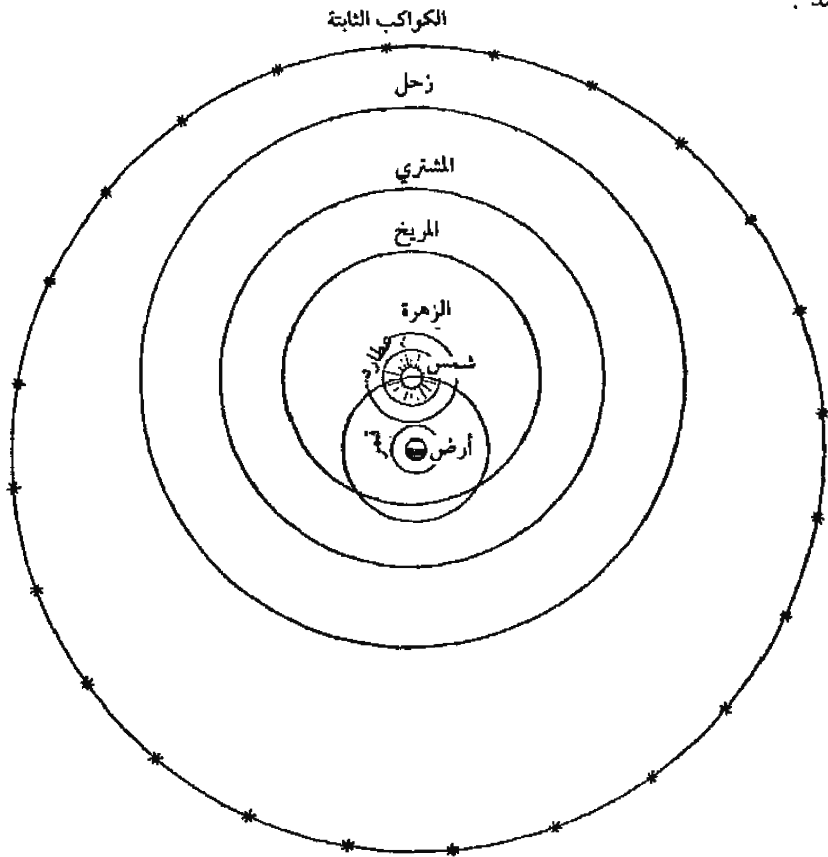
اما الأمكنة الطبيعية فلا وجود لها هي ايضاً . إذ في عالم « برونو » أو بصورة أدق في كونه - لأن العالم ليس إلا آلة مثل نظامنا الشمسي ، شبيهة بما لا يحصى من العوالم من ذات النوع - أقل مما هو في كون « نقولا دي كوي » ، الذي ينطلق بخط مستقيم رغم عدم كونه غير محدود ولكنه لا نهائي من الناحية الوضعية ، فلا يمكن أن يكون هناك أمكنة خاصة مميزة ، ولا اتجاهات عديدة بذاتها . والأعلى والأسفل ليسا إلا مفهومين سبيين . أما مفهوم وسط العالم فلا معنى له . لأن هذا المركز موجود في كل مكان لأنه غير موجود في أي مكان . ولهذا فمكان الكواكب الأخرى ، لهم نفس الحقوق التي لنا في ان يعتبروا انفسهم في المركز . كثيراً أو قليلاً . إذ في كون « برونو » ، ليست الأرض هي التي تشبه الكواكب بل الشمس بالذات التي تحصر مكانها ودورها المميز . فهي ليست الا مركز « آتنا » ، كوكباً بين الكواكب الكثيرة . التي هي شمسون تشبه شمسنا .

ونقف مذهولين امام جرأة وأصالة فكر برونو ، الذي يضع اللامحدودية الفكرية ضد محدودية العقل الأرسطي ، والذي يجري تحولاً ثورياً في الصورة التقليدية للعالم وللحقيقة الفيزيائية . لا نهائية الكون ، وحدة الطبيعة ، هندسة الفضاء ووراءها نسبية الحركة : ان الكون الوسيط لم يعد له وجود . حتى ليتمكن القول انه قد انفجر وزال في الفضاء ، جاراً معه الفيزياء الأرسطية وتاركاً المكان حراً أمام العلم الجديد ، علم «غاليليه» و«ديكارت» و«نيوتن» ، علم لم يستطع « برونو » للأسف أن يؤسسه .

IV - تيكو براهي TYCHO BRAHE

معارضة تيكو براهي Tycho Brahé لنظام كوبرنيك Copernic : تبدلنا الحجج التي ادلى بها « برونو » ضد خصوم الكوبرنيكية من الأرسطيين مقنعة لأننا نقبل الكوسمولوجيا اللانهائية والأنتولوجيا (علم الكائن) الفضائية حيث تستمد هذه البراهين افضل قوتها . ولكن هنا بالضبط يكمن السبب الذي جعلها ، في عصرها غير معتبرة من احد : لا من «تيكو براهي» الذي عارض الكوبرنيكي « روثمان » بالحجج التقليدية بعد ان البسها لباس العصرية . ولا من « كبلر » الذي دافع عن « كوبرنيك » ضد « تيكو براهي » ، مدلياً بوجه الفلكي الدائري بالحجج الجديدة التي ليس أي منها برونوياً . ذلك انه ، بالنسبة الى معاصري برونو ، بدت رؤيته للكون اللامتناهي اعتباطية ، بدون اساس في المعطيات الفلكية ، وبالتالي اقل قبولاً من نظام كوبرنيك وقد زُعمت انها اتت لنجدته

وتدلنا حالة تيكو براهي على قوة العقبات التي كان على علم الفلك الجديد ان يتخطاها ، وتعرفنا بان الشرط الأساسي والمسبق لقبولها بشكل عام هو تشكيل فيزياء جديدة، واحدة لعالم الأرض ولعالم السماوات . واذا كان « كبلر » لم ينجح في انجاز هذا التوحيد بين الفيزياء الأرضية والفيزياء السماوية، الا انه فهم ضرورته . وغيا ب مثل هذه الفيزياء يوجد المبرر « لتيكو براهي » . لقد كان يحتج دائماً ضد تفسير نظامه ، (الذي يقوم على جعل الكواكب تدور حول الشمس والشمس حول الأرض - وهذا ، من وجهة النظر الرياضية ، لا من وجهة النظر الفيزيائية ، واحد تماماً) بأنه منبثق من نظام « كوبرنيك » ؛ كما كان يؤكد دائماً أن تصوره قد تكون بصورة مباشرة انطلاقاً من المعطيات القابلة للرصد .



(صورة 6 - كون تيكو براهي (سنداً لـ و. فون غوريك « التجربة الجديدة » 1672 Experimenta Nova)

ورغم ذلك يبقى أن « تيكو براهي » قد وضع نظامه بعد ان اطلع على عمل « كوبرنيك » - الذي طرح تصوراً اعتبره ممكناً - وبعد أن تقبل انتقاد « بطليموس » من قبل هذا الأخير .

كان «تيكو» يقبل حتماً بنظام «كوبرنيك» لو أنه لم يمنع من ذلك بصعوبات بدت له لا تتدلل . ومن بين هذه الصعوبات كان التعارض بين هذا النظام والتوراة . ولكن العاضل الحاسم الذي منع «تيكوبراهي» من تبني الكوبرنيكية ، هو استحالة العثور على مسار الثابت رغم صحة الملاحظات واستحالة قبول حركة الأرض . وهذا ما تجلّى بوضوح من مناظرته مع «روثمان» .

لم يكتب «تيكوبراهي» بإيراد البراهين الكلاسيكية ضد «روثمان» : بل عَصَرَ النقاش وذلك باللجوء الى اختراع شاع يومئذ وهو المدفع . ولذلك أكد ، ان مساواة المدايات الحاصلة بعد القذف بنفس المدفع وبنفس الشروط نحو الشرق ونحو الغرب هي حجة حاسمة ضد فرضية دوران الأرض . ومن وجهة نظر الفيزياء القديمة وحتى من وجهة نظر ديناميكية الدفع ، هذا الديناميك الذي تبناه «برونو» ، بدت حجة «تيكو» صالحة ، ولهذا كان على حق بان يقول لنا ان حركة الأرض مستحيلة القبول طالما ان احداً ، وبحجج جديدة ودامغة ، لم يقدم على اثبات أن الحركة العنيفة لا تتأق ولا تضائق ابداً بالحركات الطبيعية التي هي السقوط ودوران الأرض ، ويقول اخر طالما لم يتقرر بعد علم فيزياء جديد مرتكز على تصور جديد للحركة . اما براهين «تيكوبراهي» فقد عاجلها طويلاً «كبلر» و«غاليله» . : ولكن هذا الأخير وحده استطاع ان يدحضها .

الأهمية التاريخية لنظام «تيكوبراهي» : ان معارضة تيكوبراهي ، للثورة الكوبرنيكية يجب ان لا تسبنا المكان الذي احتله نظامه في وجدان عصره ، ولا أهمية اعماله من أجل تطوير علم الفلك لاحقاً . إذ بالنسبة الى علماء الفلك من النصف الأول من القرن السابع عشر بدا نظام تيكوبراهي ، الذي دمج محاسن نظام «كوبرنيك» و«بطليموس» ، بدا وكأنه نظام ثالث للعالم - حتى ان باسكال Pascal ، في مقطع مشهور ، يقول انه من الصعب اختيار واحد من الثلاثة ، - واحد هذه الأنظمة يتفوق في كثير من النواحي على النظامين الآخرين ، لأنه يجمع بين امانة التجربة والحس السليم عند الثاني ، وبين الأناقة في الأول . ومن جهة أخرى ان اعمال «تيكوبراهي» هي التي اجهزت نهائياً على الكوسمولوجيا التقليدية وذلك بزعزعة الثقة في عقيدة جمود السماوات ، وذلك بعد القضاء على المدارات الثابتة الجامدة التي قال بها «بورباخ» و«كوبرنيك» ، واخيراً بعد ان اوجد من العدم علماً فلكياً مبنياً على الرصد والملاحظة ، معطياته دقيقة للغاية لم تعرف من قبل . كل ذلك حمل «كبلر» على وضع علم فلك جديد وليس فقط كوسمولوجيا جديدة .

الأرصاد الأولى عند «تيكوبراهي» . تصحيح الجداول : كان تيكوبراهي 1546 - 1601 سليل عائلة نبيلة من الدانمارك ، بعيدة كل البعد عن أي اهتمام علمي . فقد كانت النبالة الدانماركية احدى اغنى النبالات في أوروبا ولكنها كانت من اجهلها ، ولكن تيكوبراهي منذ طفولته أولع بعلم الفلك . وكانت تحمسه فكرة ان هذا العلم يتيح التنبؤ بحركات الكواكب السماوية ، ودرس بشكل لا يكل ، في جامعة كوبنهاغن حيث دخل وعمره ثلاث عشرة سنة ، ثم درس في ليبزيغ وروستوك وبالن فيها بعد . وكان يقضي الليالي الطوال يرصد السماء . وفي سن السابعة عشر اي في سنة 1563 سجل أول رصد له : وهو رصد التقاء زحل مع المشتري . ولاحظ بهذه المناسبة عدم صحة الجداول التي كان

بمتناول علم الفلك في ذلك الحين . وبالواقع ان هذا العيب كان معروفاً من الجميع . وقد حاول برنارد ولتر Bernhard Walther ثم ريجيومونتانوس Regiomontanus تلافي هذا الخطأ بواسطة رصد جديدة . وقام بهذا المشروع بعدها رينهولد Reinhold الذي نشر جداوله البروسية الشهيرة سنة 1551 . ومن أجل تحسين هذه الجداول الجديدة بنى الأمير غليوم الرابع Guillaume IV امير هسكاسل ، في 1561 مرصداً وقام بنفسه أولاً ثم بعد سنة 1577 ، بمساعدة « كريستوفر روثمان » والرياضي الساعاتي السويسري جوست بورجي Jost Bürgi ، بسلسلة كبيرة من الرصد بقصد تحديد موقع النجوم الثوابت وكذلك رصد وتحديد حركات الكواكب . وقد نشر سنليوس Snellius هذه الارصاد سنة 1618 .

وتوصل « تيكو » من جهته الى القناعة بوجوب وضع جداول جديدة بدلاً من تصحيح الجداول المنتشرة . ومن اجل ذلك يجب اصلاح الأساليب الرصدية بالذات . وقد اعتر « كوبرنيك » ان المعدات المستعملة يومئذ تعطي اخطاء هامشها عشر دقائق ، وهو هدف لا يمكن تحقيقه أو تجاوزه . اما « تيكونبراهي » فقد فكر بالثواني لا بالدقائق . ولهذا بدأ عمله ببناء اجهزة رصد لم يعلم بها انسان قبله : واول هذه الأجهزة كان المربع الكبير لقياس ارتفاع الكواكب ، وكان شعاعه 19 قدم . وبنى المرصد في أوغسبورغ حيث بقي من سنة 1569 الى سنة 1570 ، وذلك بمساعدة مهندس في المدينة . ومن اجل تحديد المسافات في الزوايا بنى سداسياً شعاعه 5 اقدام ونصف . ومن اجل تدوين نتائج ملاحظاته بنى كرة كبيرة قطرها 5 اقدام . وهذا يدل تماماً على أنه بعد ذلك التاريخ صمم على اعادة صنع خارطة السماء .

كوكب « النوا » Nova لسنة 1572 و« مذنب » سنة 1577 . وتأثيرهما على تشكيل نظام « تيكونبراهي » : كانت اعمال تيكونبراهي الأولى ، بعد ان عاد سنة 1570 الى الدانمارك ، منصبه على (نوا 1572 وعلى المذنب الكبير في سنة 1577) .

وظهور هذا الكوكب « النوا » التي تجاوزت سمعته سمعة سيريروس Sirius وحتى الزهرة Venus ، أثر تأثيراً عميقاً في معاصريه . وكان من الواجب التحديد أولاً هل هي حقاً كوكب ، الأمر الذي يعارض المعتقد حول لافسادية السماء ، أو هي فقط مجرد مذنب أي أنها ظاهرة تنتمي - كما كان الاعتقاد سائداً يومئذ - الى عالم ما فوق القمر .

وظلت « نوا » مرئية ظاهرة حتى سنة 1574 . ولكن منذ 1573 اثبت « تيكونبراهي » أن الكوكب الجديد بما أنه ليس له أي مدار ملحوظ فيجب أن يوضع في موضع وراء كرة زحل ، وعلى مسافة من الأرض تعادل على الأقل 13000 مرة نصف قطر الأرض . وكان « تيكو » يرى أن شعاع كرة ساتورن (زحل) يساوي 12300 وشعاع الثوابت 14000 . إذا فإن نوا هي كوكب حقاً وظهورها ، إبداع جديد ، يعارض بديهية ثبات وعدم تغير السماوات . وقد أورد « تيكو » ذلك كله في كتابه : « دي نوا ستلا De Nova Stella » الذي نشره في كوبنهاغ سنة 1573 . ثم زيد عليه واعيد طبعه في كتابه :

أسترونوميا . . . بعد وفاته ، 1603 . والأهم من ذلك كان ظهور المذهب الكبير سنة 1577 . ليس لأنه أحدث على المعاصرين تأثيراً كبيراً ، وكان أساس ادب كبير كواكبي ، بل لأنه كان أول مذهب رصد بشكل منهجي وجدي ، خاصة من قبل « تيكوبراهي » وماستلين Mästlin اللذين أقرا ، كل من جهته ان مدار المذهب كان صغيراً جداً ، وأنه ، من جراء ذلك ، فهو موجود خارج كرة القمر بل وأيضاً خارج كرة (الزهرة) . ان الطبيعة فوق القمرية أو السماوية للمذنبات - وهي عنصر جديد في التغيير الداخل على السماوات - لم تستقبل بدون غماعة ومقاومة . والعجيب في الأمر ان « غاليليه » كان من بين الخصوم . ثم ان تيكو Tycho وجد ان مسبارات مختلف المذنبات التي امكنه رصدها كانت تقاطع وتمر في المدارات الكوكبية . الأمر الذي حله على الشك في الوجود الحق لهذه المدارات ، وحمله أخيراً على انكار هذا الوجود جملة . لا شك ان هذا لم يكن بالأمر الجديد : فالرشديون وتبعهم بونتوس دي تيار Pontus de Tyard وبيننا Péna أكدوا بان دوائر الفلك الباطليموسي لم تكن الا بناءات رياضية . وعلى كل كان معظم الفلكيين - والفلاسفة - يؤمنون بالكرات الجامدة . ولهذا فتحطيم هذه الكرات من قبل تيكوبراهي Tycho Brahé يعتبر تاريخياً مهماً

اما فيها خص تيكوبراهي Tycho Brahé بالذات ، فتدمير الكرات مكنه ، اثناء رسمه خطة عالمه الذي تتحرك فيه الأجسام السماوية بحرية في الفضاء ، ان لا يخصص مناطق لكل كوكب من هذه الكواكب بل تركها يجتاز بعضها فضاء بعضها الآخر ، مما يجد من حجمها . ان كون « تيكوبراهي » هو اصغر الاكوان . انه اصغر من كون « كوبرنيك » ، بل أكثر من ذلك انه اصغر حجماً من كون « بطليموس » بمرتين . حتى ليتمكن القول ان كرة العالم ضاقت قبل ان تنفجر .

ولم يدون « تيكوبراهي » اكتشافاته حول مذهب سنة 1577 الا في سنة 1588 . وذلك في كتابه المسمى : ديمندي De Mundi aetherei... الذي احتوى ، فضلاً عن ذلك مراجعة انتقادية لأهم النشريات المتعلقة بهذا المذهب كما وضع رسيمة صغيرة لنظامه الكوني الذي يقول هو فيه انه وجده « بالإلهام » سنة 1583 .

هذا التأخير تسبب له بازعاج مفاده . ان نقولا ريمرز Nicolas Reymers المسمى ارسوس Ursus (بار Bār) الذي زاره لعدة سنوات خلعت ، يقدم نظاماً للكون (فوندمونتون استرونوميكوم Fundamentum astronomicum) ، ستراسبورغ 1588) ، في هذا النظام اعتقد « تيكو » انه تعرف على نظامه محرفاً قليلاً . فقد جعل « ارسوس » الكواكب تدور حول الشمس والشمس تدور حول الأرض . ولكنه يعزو الى الأرض حركة دائرية . واتهمه تيكو Tycho بالسرقة والتزوير . في هذه الأثناء أصبح ارسوس Ursus مستشاراً رياضياً امبراطورياً ، فرد بمقالة هجومية عنيفة جداً اتهم فيها « تيكو » بأنه سرق ابولونيوس Apollonius (الذي كان نظامه قد عرض سن قبل كوبرنيك Copernic) ومن قبله بالذات (دي استرونوميسيس ايوتريوس De astronomicis hypothesibus ، براغ 1597) .

مرصد أورانيبورغ Uraniborg : ان التأخير في نشر كتاب ماندي De mundi aetherei يفسر ان فردريك الثاني Frédéric II ملك الدانمرك عرض على « تيكوبراهي » بناء على ايجاء من

« غليوم الرابع » امير هس كامل عرضاً ملكياً حقاً ، وذلك في سنة 1576 ، وهذا العرض : اعطاء جزيرة هفين مع كل ايراداتها ، ومقاطعات أخرى ، مع معاش تقاعدي وتحمل كل نفقات بناء مرصد وشراء معدات ضرورية لتجهيزه الخ . واستعمل « نيكوبراهي » كل السنوات التي تلت لبناء قصره في اورانيبورغ كمسكن له ولعائلته ومساعديه وكمرصد ومختبر كيميائي كما انشغل ايضاً بصنع وتركيب الأجهزة ووضع برامج المراقبة المنهجية للسماء . ولم يفكر في النشر الا بعد عدة سنوات فانشأ لهذه الغاية مطبعة خاصة سنة 1584 .

والمعدات التي استعملها « نيكوبراهي » والتي وصفها في كتابه استرونوميا انستورانا ميكانيكا *Astronomiae instauratae mechanica* (واندسنبك 1598) - كثيرة ، كما الحق بها بعد الانتهاء من « اورانيبورغ » ملحقاً آخر اسماء ستيرينبورغ *Stierneborg* مع غرف للمراقبة تحت الأرض حتى يحمي الآلات من حركات الفضاء . هذه المعدات تشكلاً كلاً رائعاً من الكرات المسلحة بعد ان بسطها وأكملها « نيكو » ، ومن المربعات والمسدسات المثبتة فوق احجار أو فوق الخشب . وكان لديه نوع من الموزلة لقياس الأبعاد مثبتة فوق مسند كروي اضافة الى مربع حائطي مثبت لمراقبة مرور الكواكب في خط الهاجرة .

قيمة رصد نيكوبراهي : يقوم مركز نيكوبراهي ، الكبير لا على دقة وكمال رصوده الشخصية فقط بل على طبيعتها المنهجية الثابتة . وبالفعل فقد فهم مع قليل من الأوائل ان الرصد المتقطعة مهما كانت دقيقة لا تكفي ، إذ من السوابج رصد السماء والكواكب بشكل مستمر ، ليلة ليلة . وكان يعتقد أنه بعد اعادة رسم خارطة السماء وتجميع عدد من الملاحظات كافٍ حول الكواكب يمكن القيام بوضع نظرية حول حركات الكواكب . ومن الناحية العملية خصص العشرين سنة التي قضاها في هفين في الرصد . ثم ان جدولة الكواكب يشكل قسماً من كتاب نابولا رودولفينا *Tabulae Rudolphinae* الذي أصدره « كبلر » سنة 1627 .

وفي اليوميات الرصدية التي وضعها « نيكو » وجد « كبلر » المعطيات - « التناقضات العشرة في المريخ (مارس) التي أتاحت له أن يحل مشكلة حركتها وبالتالي اصلاح علم الفلك .

وبلغت رصد « نيكو » مبلغاً عظيماً من الدقة لا يمكن تجاوزه بالعين المجردة . فهي لم تحسن الا بعد مئة سنة من قبل فلاستيد *Flamsteed* ، الذي استعمل تلسكوبات قوية نسبياً . وحدد « نيكو » مواقع تسعة كواكب رئيسية في خارطته السماوية مع خطأ اقل من دقيقة وهو خطأ يعود الى المعرفة الناقصة بالانعكاس الفضائي . وكان تقديره لطول السنة الاستوائية لا يختلف عن الحقيقة الا بثانية واحدة . أما نتائج الاعتدالين فقد وجد له قيمة واحد وخمسين ثانية . وفضلاً عن ذلك نخلص علم الفلك من الظن الخاطئ عن الارتجاج واعطى لفلك البروج ميلاً مقداره 23 دقيقة 31 ثانية ، ووضع اقصى طول الشمس على مسافة 95 درجة 30 ثانية من نقطة الاعتدال الربيعي ، وان اعطى لهذه النقطة حركة سنوية صغيرة جداً 45 ثانية بدلاً من 61 فان خطاه اذا قيس باخطاء سابقه وخاصة

« كوبرنيك » الذي قدر هذه الحركة بأربع وعشرين ثانية يكون قد انقص الفرق بما يعادل الثلثين .

كان «تيكوبراهي» راصداً مذهشاً ولم يكن منظراً عالي المستوى ، «وإذا كان قد حسن نظرية القمر ، حين وجد في حركة القمر شذوذين جديدين هما التغير والتساوي السنوي والتعادل فإنه لم يصنع شيئاً بشأن حركات الكواكب وخروجها . فضلاً عن ذلك كان مولغاً على ما يبدو بالرغبة في اعطاء العالم الأحجام الأصغر الممكنة ولذلك صغر بصورة منهجية المسافات والأحجام في الاجرام السماوية . كما اتهم كوبرنيك بأنه وضع الشمس بعيدة جداً عن الأرض وأنه جعلها كبيرة جداً .

الغضب على «تيكوبراهي» وابعاده ، ثم أعماله الأخيرة : يبدو أن تيكوبراهي كان شخصية معجوجة ادارياً فاشلاً . فقد كان دائماً بحاجة الى المال ؛ وكان يصرف كثيراً ويستدين . وطيلة حياة الملك فرديريك الثاني Frédéric II كانت الأمور تسوى . ولكن الوضع تغير سنة 1588 عند مجيء كريستيان الرابع Christian IV . كان مستشارو الملك يدفعون الديون الكبيرة لتيكو ولكنهم كانوا يمنعون من العودة الى الاستدانة . وكان تيكو يتخلص احياناً بفضل ثروته الكبيرة الموروثة . بل انه اسس مصنعاً للورق وطبع في سنة 1596 رسائله العلمية ولكن الأمور ساءت بصورة تدريجية . فقد نزعته منه ممتلكاته واحدة واحدة . وفي سنة 1597 حرم من المعاش الذي منحته اياه « فرديريك الثاني » .

وضمن هذه الظروف قرر «تيكو» ان يهجر اورانيبورغ وان يذهب الى كوبنهاغن . ومنها ذهب الى المانيا ثم روستوك أولاً ثم الى واندسبك حيث قضى سنة . وهناك طبع كتابه المدهش استرونوميا ميكانيكا Astronomiae instauratae mechanica سنة 1598 (حجم نصفى) . ووزعت نسخ هذا الكتاب على العظماة يومئذ الذين من شأنهم الاهتمام بمصير علم الفلك وبمصير «تيكوبراهي» .

وضم تيكو الى النسخة المخصصة للامبراطور « رودولف الثاني » جدولاً مخطوطاً يعين مواقع الف نجمة . منها 777 نجمة مدروسة والباقية اضيفت على عجل .

وفي سنة 1598 أعلمه « رودولف الثاني » عن استعداده لتعيينه رياضياً ملكياً وان يضع تحت تصرفه كل ما يلزمه . وكانت اقامته في بوهاميا ناشطة متعبة نوعاً ما . ولكن الأمور سويت بصورة تدريجية . وفي سنة 1601 ضعف مجموع العمل عند تيكو بفعل ذهاب مساعده لونغومونتانسوس-Lon-gomonta nus . ولكنه عاد الى نشاطه باستلحاق « كبلر » فعاد الى مزاوله العمل .

واعيد طبع استرونوميا . الذي ظهر في سنة 1602 في براغ مع جدول ب 777 كوكباً وضعه «تيكوبراهي» . وبدأ بوضع تابولا رودولفينا Tabulae Rudolphinae التي اسند القسم الأصعب فيها وهو دراسة حركات مارس (المريخ) الى «كبلر» . .

وبدا المستقبل مشرقاً ولكن تيكو Tycho مات في 24 تشرين الأول سنة 1606 . فأمر « رودولف الثاني » بأن يجري له مآتم فخم وكلف «كبلر» بتابعة عمله .

كان كبلر Kepler يعتقد بأن لقاءه مع «تيكوبراهي» هو نعمة إلهية خاصة . وان نحن فكرنا بنتائج هذا اللقاء : ولادة علم الفلك الجديد ، وفكرنا ايضاً بالتأخير الذي كان يمكن ان يحصل في

تطور الفكر العلمي لاعطينا كبلر Kepler الحق ولرأينا فعل الارادة الالهية يتجلّى ايضاً في صوت «تيكو». لقد أكمل «تيكو» عمله ؛ وجمع ونقل الى «كبلر» المعدات والمواد التي تسمح لهذا الأخير أن يُحلّ الفيزياء السماوية محل علم الحركة الكوكبية التي كان «تيكو» آخر ممثل لها واصفاهم . وبعد هذا لم يكن امامه الا ان يتوارى . ومع زالت الاسترونوميا الحركية .

الفصل الثالث : الفيزياء

I - الفيزياء في القرن الخامس عشر

لا يرتدي تاريخ الفيزياء ، في المئة وخمسين سنة التي فصلت نقولا دي كوي Nicolas de Cues عن سيمون ستيفن Simon Stevin ، الصفة المأسوية التي ارتدتها الرياضيات او علم الفلك . فالفيزياء هي مجال تتوزع الجهود فيه وتقطع ، سعياً وراء غاية معينة . والثورة العلمية التي نراها ، بصورة مرتدة اليوم ، تتحضر خلال تلك الفترة ، سوف لن تحدث الا متأخرة أي في القرن السابع عشر ، متأخرة عن علم الفلك الكوبرنيكي الذي يعتبر بالنسبة اليها تمهيداً في السماء ، والذي يقتضي انقلاباً أكثر عمقاً في الفكر ، واعادة نظر أكثر أصالة في الأسس المسلّمات والأطر التصورية كما في الثورة الجبرية أو الفلكية .

فضلاً عن ذلك ان اعادة الاتصال بالأعمال الكبرى القديمة لم يكن له الا مفاعيل جيدة . فالأقدمون ، باستثناء أرخميدس Archimède الذي قدم نموذجاً ثبوتياً ، لم يقدموا نموذجاً لصنع علم صحيح أي رياضيات للطبيعة : يمكن لهيرون وفيتروف Héron et Vitruve ان يلهما التطبيقين ، ولكنهما لم يقدماً شيئاً ضخماً للمنظرين باستثناء نظرية الفراغ . في حين ان فيزياء ارسطو Aristotle المستكملة بفيزياء المسائل الميكانيكية ، بدت كبناء نظري حسن التوازن ، ومُستجم بعمق مع الحس السليم ومع تجارب الحياة اليومية ، ويمكن أن تقدم اساساً متيناً للتحليلات العقلية ولنشاط الممارس العملي . ولهذا كانت مغامرة الفيزياء في الحقبة التي ندرسها ، محكومة بمحك العمل الأرسطي وبنظريته العامة حول الحركة . وهو ما يشكل بالنسبة اليها علم الميكانيك .

لا شك أن ميكانيك ارسطو كان يشكو من نقطة ضعف : هي تفسير حركة المتحركات المنفصلة عن محركاتها بفعل الهواء المجاور ؛ هذا التفسير لم يكن واقعياً ، ولكن نظرية الدفع - التي اقتحتها جان فيلوبون Jean Philopon ، وطورها في القرون الوسطى بصورة خاصة «الإسميون» البارييون - بدت وكأنها تفسر هذه الوقائع تفسيراً أفضل ، يمكن أن يحل محل تفسير ارسطو ، دون المساس بالأطر العامة لتصوره . ولهذا انتشرت نظرية الدفع في القرون الوسطى داخل الأرسطية ، وفي آخر تلك

الحقبة ، وباستثناء اتباع ابن رشد Averroïstes من سكان بادو الذين تمسكوا بالأرسطية بشدة ، وباستثناء الإسكندرانيين المتأخرين ، أصبح كل الناس من أنصار هذه النظرية .

1 - نقولا دي كوي NICOLAS DE CUES

أفكاره وتأثيره على الحركة : ذلك كان حال نقولا دي كوي الذي انحاز تماماً ، في كتابه ديالوغوس .. دي بوسست Dialogus trilocutorius de Possest (1454?) للتصور التقليدي القائل بأن الدفع هو كينونة عارضة تصدى للقوى الطبيعية . فقد اهتم دي كوي De Cues بلعبة البلبل ، وكمؤلف شهير رأى في مفعول الدوران النتيجة فوق «الطبيعية» لروح الحياة بيعتها اللاعب كقوة دفع تظهر بشكل دوران . هذه الروح المحركة تتلاشى وعندها يسقط البلبل بفعل الميل الطبيعي للسقوط . ولكن نقولا Nicolas في كتاب له لاحق عنوانه « محاورات ليدو غلوبي » اطلق فكرة « طبيعية » الحركة الدائرية حول الذات في كل كرة أو في كرة متكاملة . لا شك ان اللعبة التي أعطاها اهتماماً خاصاً ، والتي تقوم على ملاسة اوتاد مصفوفة بشكل لولبي بواسطة طابة نصف مستديرة مفرغة قليلاً في قسمها المسطح ، ليست من اختراعه . ولكنه اذا كان يستعير من الفلكلور الشعبي ومن التراث العلمي (ارسطو تليس بروبليماتا) ، فان الجهد الذي بذله كوزين Cusain ليفهم هذه اللعبة الغريبة ، والمسار اللولبي المنحني تماماً والذي يستطيع اللاعبون الماهرون تحقيقه ، هذا الجهد يستحق الانتباه . يقول نقولا ان القسم السميكة من الطابة يعيق حركة القسم الدائري الذي يكرج لأنه ثقيل ويرد هذه الحركة الى القسم الدائري كما لو كانت مركزاً . وليس صحيحاً اذا كما قيل ، ان نقولا دي كوي Nicolas De Cues لا يبحث عن التفسير الا في شكل او ضمن شكل المقدوفة . ان هذا الشكل يدل في نظره على اثر الثقل النوعي ، والأمر الملحوظ تماماً ، هو مع هذا النص ، ظهور نوع من اجتماع دافعين : دافع الدوران ودافع السقوط . والاستمرارية الدائمة لدوران طابة كاملة فوق سطح افقي ، ثم ارتفاع دوران كرة حول مركزها الى مستوى الحركة الطبيعية هما بالنسبة الى نقولا دي كوي من نتائج الشكل الكروي ، ولكن السبب ، في الحالتين ، هو ان الوضع المفروض على المركز يستبعد ، بالنسبة الى دافع الثقل ، كل سبب للتدخل ، في حين تتجدد في كل لحظة نفس الشروط التي تتوفر في بداية الحركة وبفعل تأثيرها على ليونارد دا فنشي وكوبرنيك Leonard de Vinci et Copernic ، لعبت هذه الأفكار دوراً ذا أهمية رئيسية .

ادخال المقاييس في الفيزياء : ادى خصب فكر نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، الذي عرف كيف يتصور وحدة الكون ، بعد ان ادخل المسائلة بين كل الأجزاء التي تشكلها (او يحتويها هو) ، والذي رأى في المقارنة والقياس اعملاً جديراً بعقلنا (القياس يأتي من العقل) فاستنتج فكرة تأسيس دراسة الطبيعة على القياس ، وبصورة خاصة على تحديد وزن مختلف عناصرها .

وبدا الميزان هنا اداة القياس الأولى ، وفي حوار العجيب « حول التجارب الثابتة » (دي

مئاتيك اكسيريمتس De staticis experimentis (1450) ، يشرح نقولا دي كوي ان استعمال الميزان يتيح تطبيقات متنوعة جداً في الفيزياء وفي علم الأرصاد الجوية وفي الطب . من ذلك عند وزن دم ويول الأشخاص الشبان والمسنين ، المرضى والأصحاء ، يمكن تسهيل التشخيص . ومن تغير وزن قطعة صوف يمكن استخلاص درجة الرطوبة والجفاف في الهواء ، وايضاً وزن هذا الأخير . ويمكن أيضاً وزن الهواء اما بوزن بالون، منفوخ وبالون فارغ ، او بدرس تغيرات مدة هبوط أوزان ، متساوية (وهذا أفضل) ، ساقطة من أعلى برج ، ولقياس زمن السقوط ، وكذلك لقياس سرعة النبض عند مريض ، استعمال نقولا دي كوي Nicolas de Cues ساعة مائية مفتوحة ، ووزن الماء المتجمع بيلة مدة التجربة - تماماً كما عمل غاليليه Galilei في تجاربه على السطح المنحني ، ويمكن أيضاً قياس عمق الماء وذلك بتحديد زمن ارتفاع شيء خفيف انزل حتى القاع . كما يمكن قياس سرعة سفينة ، بالزمن الذي يأخذه شيء ملقى لكي يذهب من المقدمة الى المؤخرة .

ولكن نقولا دي كوي لم يكن دائماً موفقاً في مشاريعه القياسية . ولكن رغم سذاجة بعض من تطبيقاته ، فإن الفكرة عميقة ، والأجيال المقبلة سوف تستفيد منها .

2 - تراث باريس وأوكسفورد

لقد حل بعض المنظرين المدرسين ، طيلة القرن الخامس عشر ، تراث المنطقة وعلماء الحركة الوسيطيين حين فسر الأولون وشرحوا ونشروا اعمال الثاني ، وحتى حين اضافوا عليها بعض الايضاحات اللفظية والمعنوية .

نعلم منذ بير دوهم Pierre Duhem ، أن منظري باريس واوكسفورد : أورسم ، وسونشيد ، غيوم دي هيتسبوري Oresme, Swineshead, Guillaume de Heytesbury قد فرقوا بين الحركة وسرعتها ، وحتى تسارعها . وقد فعل غيتن دي تيان Gaétan de Tiéne نفس الشيء حين اتبع بصورة خاصة هيتسبوري Heytesbury وخاصة شخصاً اسمه مسينو : Messino . في كتابه « دي موتو لوكالي De motu locali » يميز أنج دي فوسومبرين Ange de Fossombrone أيضاً الحركة عن زخمها وسرعة الحركة عن زخمها ، وتدل تأويلاته انه يرى بوضوح مفاهيم الحركة المحلية المتسقة والحركة المتسقة التسارع .

الحركة، المتسقة التغير والفكر الوسيطى : وإذن فدوهم Duhem ، على حق ، حين يماثل بين التعبيرين : « الحركة المتسقة التسارع » و « الحركة المتسقة التغير » ، ويؤكد انه في منتصف القرن الخامس عشر الايطالي كان المعلمون الطلياني يعرفون « قوانين الحركة المتسقة التسارع او المتسقة التغير » ، مع هذا التحفظ : « ان احداً منهم (ولا حتى ليونار دا فنشي Leonard de Vinci نضيف نحن) لم تحط له الفكرة بان سقوط الأجسام هو متسق التسارع ، وانه بالتالي تطبق عليه هذه القوانين » . واذا كان أي من المدرسين ، باستثناء دومينيك سوتو Dominique Soto ، لم يفكر في التفتيش داخل حركة سقوط الأجسام عن الخصائص المتعلقة : « بالطولي la latitude المتسق

التغير»، فذلك لأنه بالنسبة الى المنظر في القرون الوسطى ، يوجد بين هذين المفهومين ، كل المسافة التي تفصل التجريد الرياضي عن الواقع الفيزيائي .

قلما يهتم المؤرخ العصري بمجاذلات المناطقة الوسيطيين : لأنها بالنسبة اليه خالية من المعنى . والثنيء الذي يجذب الانتباه في كتاب ضخيم غصص لدراسة « اطوال الأشكال » أو « الحسابات » أو التنبؤات او السفسة ، هو القسم الذي يعالج الحركة ، وحتى الحركة المجلية . ولهذا فهو يميل الى تنامي ان هذا القسم الصغير من الكتاب ليس له بالنسبة الى المؤلف ، الا اهمية ثانوية جداً . فالحركة المحلية ، ليست الا حالة خاصة في الحركة أي في التغير، حالة لا تعتبر على الاطلاق مميزة بالنسبة الى حالة حركة النمو ، والتلف ، حركة التولد والفساد الخ ، ثم ان النظرية التي يسعى الى تطويرها الحاسب الوسيط لم تكن تهدف فقط الى احتواء « حركات » الطفس والضوء او الصوت ، التي هي من وجهة نظره خاضعة للتزخيم او التراجع تماماً كالدافع المحلي ، بل تشتمل ايضاً ، حركات قلما تستحق ، بنظرنا ، ان تعالج بهذا الشكل مثل « حركة » تزخيم فعل العفو وشبق نفس العاصي .

المسألة الفيزيائية في حركة القذائف : أما «الفيزيائيون» فقد اهتموا بأمر آخر بعيد تماماً هو مسألة القذف أو النث، وتسارع الأجسام المتحركة، ودور ردة فعل الهواء، وطبيعة الدافع، وتفسير الأطروحة الشهيرة حول الحركة الأرسطية ، التي بموجبها تكون سرعة الجسم متناسبة مع قوة المحرك ومتناسبة عكسياً مع قوة المقاومة . هذا النقاش الأخير يؤدي الى النظر في أدوار كل من الدافع والجاذبية في القذف العامودي . من المقبول عموماً أن الجسم يرتفع طالما أن قوة دافعة أكبر من قوة الجاذبية تدفعه وان السرعة التصاعدية ترتبط بالفرق بين الاثنين : ان هذا الفرق يتضاءل باستمرار نتيجة ضعف الدافع ، فتصبح الحركة نحو الأعلى أكثر فأكثر بطأً .

وعندما تصبح قوة الجاذبية اكبر من قوة الدافع ، يعود الجسم الى الهبوط وتزايد سرعته بمقدار ما يتزايد الفرق بين قوة الجاذبية وقوة الدافع .

وهكذا بالنسبة الى المقذوفة العامودية ، فإن هذه النظرية تقبل الخلط او التركيب ، بين الدافع العنيف والدافع الطبيعي ، تركيب يعتبر مستحيلاً في حالة المقذوفة الأفقية . فبين الصعود والهبوط ، كما يُعلمُ أرسطو ، وكما كرر الجميع ذلك - باستثناء بندي Benedetti وحده حتى نهاية القرن السابع عشر - يجب ان تقع لحظة يكون فيها ثبات وجود . هذه الفكرة عن « حالة الوسط » quies media يقول بها الحس السليم . بل هي فعل تجربة . يقول لويس فيفس Louis Vives : الا نرى ان سهماً ، اطلق في الهواء ، يتوقف لحظة قبل ان يسقط ؟

وكذلك اليس هو فعل تجربة تزايد سرعة القذيفة في اللحظات الأولى من انطلاقها ، فعلاً أو حدثاً يؤكد جميع النبالين والقناصين والمدفعجية ؟ الا ان جان دولارت Jean Dullaert ولويس كورونيل Luiz Coronel ينكران هذا . وعلى كلٍ فهما يقبلان بواقعة ان القذيفة تضرب بقوة اكبر بعد

مسافة معينة من المدفع ، اكثر مما لو كانت اليه اقرب . ذلك انه « بالنسبة الى المتحرك نفسه ، لا توجد علاقة ثابتة بين عنف الضربة وسرعة الحركة » .

3- ليونارد دا فنشي LEONARD DE VINCI

نلتفت الآن الى انتاج ليونارد دا فنشي ، اذ هو ، بدون منازع ، الأكثر اصاله والأكثر جدة خلال تلك الحقبة . ليس لأنه بالامكان ان ينسب اليه اكتشاف اشياء لم يكن بإمكانه اكتشافها ، مثل مبدأ « الجمود » وقانون سقوط الأجسام ، ولكن حتى دون الوقوع في عيب التفسير المغالي في عصريه ليونارد وفي غناه ، يبقى لصالح ليونارد اشياء كثيرة مفيدة ، حتى ولو خاطئة ، ومهمة ، حتى ولو أن نتائجها وبواكيرها لم تستخرج ، بحيث يكون موقف بعض المؤرخين المعاصرين ، الانتقادي ، عارياً من التبرير .

من التقنية الى العلم : كان ليونارد دا فنشي Leonard de vinci عبقرية تكنولوجية لا مثيل لها . ففي اعماله تتحول التقنية الى تكنولوجيا ؛ تحول تعبر عنه اقواله الشهيرة حول الأهمية المطلقة للتجربة ، التي يدعي هو أنه تلميذها ، بالنسبة الى التأمل الفلسفي الخالص وإلى المعرفة الكتابية ، والتي ليست ، على الأقل الا قاعدة لبناء النظرية التي تحل محلها وتخلفها ، تحول نادى به تصريحه الشهير حول الميكانيك ، جنة الرياضيات ، حيث تعطي الرياضيات كل ثمارها . ميكانيك يتحول من فن تجريبي الى علم تطبيقي وبالتالي علم مهلق امام كل أولئك الذين ليسوا مهندسين . تحول حقيقته كثرة رسومه ومشاريعه الآلية التي سبقت زمنه ، والتي لا تقدم لنا صوراً ، كما تقدم المجموعات التقنية من القرن 15 و16 ، بل « مشاريع » محسوبة وناجزة المقاييس ، مثل الرسوم الجيومترية ، ولهذا يمكن القول انه اذا كان علم هندسة « جيومترية » ليونارد هي « جيومترية » مهندس ، فان فنه كمهندس هو فن « جيموتر » (عالم بالهندسة) .

ورغم اعجاب ليونارد Léonard بالنظرية فهو لم يكتب مؤلفات نظرية ، أو اذا كان قد كتب كتاباً واحداً فان هذا لم يصل الينا .

اما ما نملكه ، بالمقابل ، فجملة من المخطوطات ذات تواريخ غير اكيدة ، يكرر بعضها بعضاً ويكمل بعضها بعضاً - أو يناقض بعضها بعضاً ، والتي يصعب درسها - رغم سهولة ذلك مادياً بفضل الطبعة المدهشة التي صدرت عن «سكريتي دلاً ميكانيكا Scritti della meccanica » من قبل غيدو اوسلي M. Guido Ucelli (ميلانو 1940) - بسبب تشنتها وتفرقها ، وبسبب عدم وضوح التعابير ، وغموض الصيغة . اما المخطوطات المكتشفة في مدريد سنة 1966 فتتطبق عليها نفس الملاحظة . ولهذا يُفتش عن عطاء ليونارد في مجال علم الميكانيك ، لا في الصياغات العامة او التعاريف ، بل في تحليل حالات محددة او محددة نصفياً وفي الرسوم التي تفتن بها . رسوم تتيج ، في اغلب الأحيان ، فهم فكره بصورة افضل . ان عظمة ليونارد ليست في الفكر المجرد ، بل في الرؤية الحادة للحالة الملموسة .

الستاتيك والآلات البسيطة: يركز الميكانيك عند ليونارد على المبادئ الأرسطية - أو على مبادئ « المسائل الميكانيكية » - مع بعض التصحيحات والإضافات وخاصة نظرية الدافع التي أدخلها منظرو القرون الوسطى .

ان المبدأ الذي يقوم عليه ستاتيك أرسطو Aristote - والذي نسميه نحن « مبدأ السرعات الممكنة أو المفترضة » - يكفي ، كما هو معلوم لتفسير مسار الآلات البسيطة : البكرة ، ومجموعة البكرات أو العفريت (moufle) والمخل أو العتلة والميزان الخ . . . ويبدو ان ليونارد قد عرف ما نسميه اليوم « مبدأ التقلات الممكنة » . ويخطئ مع ذلك من يسند اليه الوعي الواضح للفرق بين المبدأين : اذ لا أحد في الواقع ، قبل ديكارت Descartes ، استطاع ان يفهم بوضوح الفرق الأناسي بين وجهتي النظر .

وبالمقابل فهم ليونارد فهماً مدهشاً سير الآلات البسيطة . فهذه الآلات وبصورة خاصة المخل والميزان أصبحت بالنسبة اليه نماذج عقلانية توضح العلاقات الأساسية التي اليها يحاول ان يرد كل مسائل التوازن .

فهو يرى ان القوة التي يمارسها وزن موضوع عند طرف مخل تتدلى عندما ينحرف المخل عن الوضع الأفقي ، وان هذه القوة تتناسب مع المسافة بين هذا الطرف والعمودي الذي يمر في نقطة دوران المخل (مخل القوة) . ويتج عن ذلك أنه ، في ميزان معوج ، ليست الأهمية لطول الذراعين الحقيقيين بل للذراعي القوة . وكل سابقه اهتم ليونارد بالسطح المائل . وقد بين وهو يفتش عن شروط التوازن في جسمين ثقيلين مربوطين معاً بخيط وموضوعين على سطحين منحدرين وملتقيين ، ان هذين الجسمين يظلان في حالة توازن إذا كان وزن كل منهما متناسباً مع انحدارية السطحين ، وهذه الانحدارية حددها مع الأسف بشكل غير صحيح . الا ان رسمة في « المخطوط H » تشبه في وضوحها رسمية ستيفن Stevin ⁽¹⁾ المشهورة ، تصحح هذا الخطأ وتدل على أن الوزن النسبي لجسم موضوع فوق سطح منحدر يتناسب عكسياً مع طول هذا السطح (بالنسبة الى ارتفاعه) .

ولم تكن بحوث ليونارد Léonard حول تعلق الأجسام بخيوط وشد هذه الخيوط بالأوزان المعلقة لم تكن موفقة . الا ان دراسة من هذا النوع حملته على تصور حالة متوازي أضلاع القوى . وهو اكتشاف كان يمكن ان يكون مهماً لو أن ليونارد عرف كيف يعمم حله . وهذا امر لم يتيسر له . ومرة اخرى لم تسعف قوة التجريد النظرية الالهام الابداعي العبقري .

ديناميك ليونارد والحركة الملتوية : يشكل الديناميك القسم الأهم والأكثر اصالة في انتاج ليونارد العلمي . ولكن مع الأسف كان تفسير هذا الديناميك أكثر تضليلاً من تفسير الستاتيك وذلك بفضل الميل التاريخي التبجيلي عند أكثر مؤرخي ليونارد .

(1) ان رسمة ليونارد هي رسمة مهندس فهو يوسط البكرات لكي يلغي الاحتكاك بين الجسم الموضوع فوق سطح منحدر وهذا السطح بالذات .

والواقع ان ديناميك ليونارد كما أثبت ذلك ب. دوهم P. Duhem هو ديناميك الدافع . والشكل المحدد الذي يعطيه لهذا الدافع يدل على تأثير ألبيردي ساكس ونيقولا دي كوي Albert de Saxe et Nicolas de Cues . فقد أخذ عن الأول أسلوب تقدير العلاقة بين القوة المحركة والمقاومة الداخلية او الخارجية للمتحرك . ومن الثاني اخذ فكرة الدافع المركب . فالدافع في نظر ليونارد هو فضيلة ولدتها الحركة وطبقها بواسطة المحرك في الجسم المتحرك . وهذا التطبيق يمكن ان يتم بعدة أشكال . ولكن في جميع الأحوال انها قوة تؤثر في المتحرك فتحدث فيه مشابه لها ، أي قوة مشتقة . ويتلشى الدافع الذي ولدته القدرة وتثلث فيه ، وذلك في انتاج الحركة وبواسطتها .

وتتحلل حركة القذيفة الى ثلاثة مراحل : الأولى : وفيها يسيطر العنف - عندها تتحرك القذيفة بخط مستقيم . وفي المرحلة الثانية يدخل العنف ، عنف الدفع ، والميل الطبيعي نحو الأسفل ، بفعل الجاذبية ، في صراع ويتفاعل الاثنان عندما تكون القذيفة ترسم خطاً باربولياً . والحالة الثالثة تعود الطبيعة فتسترد حقوقها ويسقط الجسم بخط مستقيم نحو مركز العالم (صورة 7 ص 102) وفي حالة نصف الكرة التي تخرج فوق سطح يتوافق ليونارد Léonard مع كوزين Cusain . ويلغي القسم المستقيم من المسار . هذه المعرفة لواقعة قوامها ان المسار يمكن ان ترسمه باكملة حركة مختلطة هي معرفة رئيسية ، ولو ان ليونارد طبق هذا الالهام في حالة حركة النفث ، اذا لكان سبق . تارتاغليا Tartaglia بنصف قرن .

ولكنه للأسف لم يفعل رغم أنه قال بإمكانية وجود الحركات المنحنية بصورة كاملة ، مثل حركات نوافير الماء ، وانه توصل - مرة واحدة - الى التخلي عن الأطروحة الأساسية أطروحة استقامة الحركة العنيفة والى التأكيد بأن : « كل شيء مدفوع بعنف يتبع في الهواء خط حركة منحني . فإذا كان هذا المحرك يحرك شيئاً ، دائرياً ، ثم ترك هذا الشيء بخلال مثل هذه الحركة ، عندها تصبح حركته انحنائية .

تسارع سقوط الأجسام ومقاومة الهواء : قبل ليونارد Léonard بالمبدأ - الأرسطي - وبموجبه فالحركة او سرعتها ، هي رهن بالعلاقة بين القوة المحركة ومقاومة الحركة : فالقوة المضاعفة تقتزن بحركة (او بسرعة) مزدوجة . وجسم اثنى مرتين يسقط مرتين اسرع . وبديهة أرسطو Aristotle يمكن أن تتأول بشكل اللطف ، منع الأخذ أكثر بعين الاعتبار ، دور المقاومة التي تناهض الحركة . وعندها يبحث عن النسب الأساسية لا في العلاقات بين القوة والمقاومة ، بل في العلاقات بين فوائض القوى والمقاومات . وفي افكاره حول سقوط الأجسام يعتمد ليونارد في أغلب الأحيان هذا التصور . ان مقاومة الهواء تعطي مفعولها في اتجاهات متعارضة : فهي من جهة تسرع حركة السقوط بفضل موجة مباشرة ، تنتشر امام الجسم وتخفف المقاومة التي تعترض هذا الجسم . ثم بفضل موجة معاكسة تحيط بالجسم فتدفعه من الوراء . ومن جهة أخرى ، يقاوم الهواء الحركة ، انما بشكل غير متسق لأن « ضخامته » ليست متسقة . ولهذا فحركة الهبوط ليست بذاتها لا متسقة ولا هي متسقة التسارع . ان ثبوتية التسارع تتحقق بواسطة اوالية تعويضية يفسرها ليونارد طويلاً وهو يخلط بين ادوار الوقت والفضاء المقطوع .

ثم انه بالنسبة الى ليونارد- وهنا يكمن مصدر فشله الأخير- ليس الوقت ولا الفضاء اللذان يشكلان محور تحليله : انها الحركة . ولكن هذا المفهوم معقد وصعب ، وهو بآن واحد زمني وفضائي ، فالحركة تقتضي بآن واحد انتقالاً وسرعة وهما مفهومان يعيل الفكر الى اعتبارهما متضامنين تماماً .

الصدمة : الفعل وردة الفعل - اذا كان ليونارد لم يكتشف لا قانون سقوط الأجسام ولا مبدأ الجمود ، فانه بالمقابل اقترب من اكتشاف مبدأ المساواة بين الفعل وردة الفعل ، وهو مبدأ ضاعه بوضوح ، خاصة في دراسته حول القرع (النقر) وحركة الأجسام خارج القرع يقول : « ان فعل الجسم القارع في الشيء يعادل فعل الشيء المصدوم في الجسم » (C. Arundel) ، وعلى أساس هذا المبدأ يؤسس كل تحليل لظاهرة الصدم؛ هذه الدراسة التي يظهر فيها متقدماً على عصره، بمقدار قرن من الزمن ، تقتضي تصوراً جديداً جداً للحركة ، تصوراً لم يصفه ليونارد .

والنقر- أو الضربة - هو في الأساس عنف . ثم أن فعله يتعارض مع فعل القوى او الأسباب الطبيعية . وهو يحدث عندما يصطدم جسم متحرك بسرعة بشيء صلب . فالتقل الواقع فوق سطح يضدم هذا السطح ، وبما أنه هو قد صدم ، فانه «يطجج » بخط مستقيم وفقاً للعابودي الذي نزل فيه . وان صدم الجسم السطح من زاوية معينة ، فانه يطجج ايضاً ، « وزاوية الطجج تساوي زاوية الصدم » . والحركة الارتدادية هي رهن بالقوة البسيطة التي يتمتع بها الدافع (الذي يتحكم بالحركة الارتدادية) كما هي رهن بقوة الصدم البسيطة . وتحليل الحركة المنعكسة يكشف في هذه الحركة تركيب حركات ، أو قوى عززكة ، بحسب مبدأ متوازي اضلاع السرعات . وهو اي التحليل يقتضي تواجد حركتين ، أو قوتين محركتين ضمن نفس المتحرك دون ان تعيق احدهما الأخرى . وهو يقتضي ايضاً فرضية قريبة جداً من مبدأ حفظ الحركة او اللحظة (momentum) .

ينكر ليونارد Léonard ضياع الدافع في الصدمة ، ويقول بمبدأ حفظ غرضه سيء التحديد ، الا ان مشابهته مع مفهوم ديكرات Descartes اكيدة ، وان كان هذا الحفظ غير مطلق وان كانت الحركة لا تحتجز الا مسافة محدودة .

ويشكل حفظ القوة المحركة ومساواة الفعل وردة الفعل في الصدمة الأساس النظري للتحليل ، الذي قام به ليونارد ، والذي تناول مختلف حالات ارتجاج الأجسام المتحركة . وكانت الحلول التي توصل إليها، رغم بعض الأخطاء في الحساب ذات دقة وصحة مذهشين الى درجة ان ليونارد يميز ، دون ان يقول ذلك صراحة ، بين صدمة الأجسام المطاطة وصدمة الأجسام الطرية .

ويدل ان في ظاهرة الصدمة هناك عمل مزدوج النواحي مساوٍ معاكس ، وبذات الوقت هناك تحويل للقوة كامل او جزئي من الضارب والمضروب . تحويل يبدو احياناً وكأنه تبادل في القوتين المتواجهتين ، وتارة وكأنه قسمة للقوة المتاحة بين الجسمين المشاركين .

ولا يقدم ميكانيك القرن السادس عشر شيئاً من مثل تحليل ليونارد . ومن اجل التوصل الى

مستوى الفكر المتبعث من هذه التحاليل ، كان لا بد من انتظار مجيء ماركوس مارسى دي كرونلاند
 . Marcus Marci de Kronland

II - فيزياء القرن السادس عشر

بخلاف رأي شائع ، لا يبدو عمل ليونارد دافنشي Léonard de Vinci انه قد أثر تأثيراً محسوساً في القرن السادس عشر . فهل كان هذا العمل معروفاً فقط؟ .. يمكن الشك بذلك . وعلى كل حال لم يستفد أحد مما فيه من جدة ومن 'خصب' ، مثلاً من الأفكار حول تسارع الأجسام او من نظريته في الارتجاج .

إلا أن بعض الأعمال المميزة زرعت في القرن السادس عشر تقدماً نحو فلسفة رياضية تعوض الخسران الذي ذكرته الملاحظة السابقة .

1 - تار تغليا TARTAGLIA

إن العلم الجديد الذي بشر به كتاب تارتغليا الصغير واسمه نونفا سيانتا Nova Scientia (1537) هو علم الصواريخ . وإذا كان تارتغليا يببالغ حين يدعي أنه المخترع - إذ سبق لليونان ان اهتم بالأمر قبله - فمن الحق القول انه كان الأول الذي قدم معالجة نظرية لفن كاذن حتى ذلك الحين مجرد تجربة . من هذه الناحية بالذات تبقى أعمال تارتغليا جليلة القدر ، رغم أن النظريات التي يعرضها هي خاطئة تماماً .

« العلم الجديد » : ان الديناميك في نونفا سيانتا هو تقليدي خالص تقريباً . ولكن عرضه ليس عرضاً تقليدياً . اذ تغلب فيه العقلية الجيومترية . فهناك سلسلة من التعاريف مقرونة بفرضيات او بديهيات ، ثم احكام مشتركة منها تستخرج مقترحات العلم الجديد . فضلاً عن ذلك يتفادى تارتغليا أي جدل فلسفي في موضوع المفاهيم التي يستعمل واسباب الظاهرات التي يدرس : ذلك انه يتوجه الى الممارس لا الى الفيلسوف .

انه كفيزيائي وكجيومترى يميز في التعريف الأول بين المادة وشكل الأجسام ، وكلها ذات ثقل . ثم يعلن أن هذه الأجسام سوف تشكل موضوع الدرس الوحيد . المادة يجب ان تكون ثقيلة مثل الحديد والريصاص والحجر الخ . والشكل محدد مروس باتجاه الحركة ، أي أن كل شيء يجب أن يتلاقى ليجعل مقاومة الهواء مهمة . ولكن بما أنه من الصعب القدرة دائماً على جعل الشكل المروس في الوضع المراد ، فمن الأفضل الاكتفاء بالشكل الكروي . لأن هذا الشكل يؤمن تركيباً ثابتاً على الأقل . ويقول آخر ان الأجسام المتساوية الوزن عند تارتغليا هي قذائف المدافع في عصره .

والحركة المحلية لهذه الأجسام اما أن تكون طبيعية أو عنيفة . ولكن السقوط العامودي هو الحركة الوحيدة الطبيعية والممكنة . في هذه الحركة الطبيعية تسقط كل الأجسام المتساوية الوزن بسرعة تزداد بمقدار بعدها عن نقطة الانطلاق أو قربها من نقطة الوصول . وعلى كل لا يتمسك تارتغليا بهذه المعادلة . حيث يقول في « الاقتراح 2 » ان الحركات الطبيعية كلها تبدأ بنفس السرعة الدنيا وسرعتها تزداد أثناء السير .

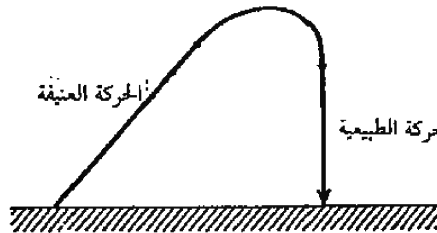
وخصائص الحركة العنيفة متقابلة تماماً . فعند نقطة الانطلاق يباطئ الجسم المتحرك بعنف سرعته . ولهذا يفرض تارتغليا المعتقد الشائع القائل بالتسارع المنطلق للقفزة وتزايد قوة الصدم تبعاً لهذا التزايد .

والتقابل أو التقارن الصحيح بين أنظمة الحركات العنيفة والطبيعية ، هذا التقارن شكل تقديماً أصيلاً ، أتاح لتارتغليا Tartaglia أن يتصور بشكل جديد عدم التلاؤم المطلق بين هذه الحركات ، ليس فقط لأن تمازجها مستحيل ، بل أيضاً لأن تابعها لا يمكن أن يتم إلا عند نقطة ذات حد أدنى من السرعة . وفي هذه النقطة يكون عامودي الحركة الطبيعية للسقوط محاذياً أي ملاصقاً لمسار الحركة العنيفة وهي في نهايتها .

ولا يقدم تارتغليا تبريراً لهذه الخصوصية المهمة التي تدعم بحثه حول شكل المسارات . وبالفعل اذا كانت بداية مسار الحركة العنيفة لقفزة ما مستقيمة بما فيه الكفاية ، وفقاً لممارسة الرمي على الهدف مباشرة فإنه يتوجب بالتالي وجود قوس مرتبط مع العامودي عند النقطة الحياضية . ويتوجب أيضاً افتراض وجود تأثير للجاذبية على هذا القوس حتى عندما تكون الحركة فيه فقط عنيفة .

وباعتماد الرسيمة الثلاثية الأقسام في المسار ، وبتقسيمه الى مستقيمين يربط بينهما قوس دائري (الصورة 7) ، عرف تارتغليا جيداً أنه لا يمثل الحقيقة . وتضمنت الصفحة الخارجية من كتاب نوبا سياننا رسماً لمسارين : رمي متمد ورمي عامودي ، والاثنان شبه بارابوليين ، بحيث أنه لا يمكن الشك بمعنى الجهد الذي بذله المؤلف : تبني الأفكار النظرية وفقاً لاهام التطبيقيين ثم تقديم نوع من التقريب الرياضي المفهوم قدر الإمكان .

ولكن النتيجة كانت مع ذلك غير كافية ، خاصة فيما يتعلق بعلاقة القسم المستقيم بالقسم الدائري الذي رسمته الحركة العنيفة . وعلى الأقل ظن تارتغليا انه يستطيع التأكيد بأن المسارات المنطلقة من زوايا رمي متساوية ، تبدو متشابهة ، وان المدى الأفقي يتناسب مع سرعات المنطلق . وهذا خطأ يتوافق مع واقعة تقييم الحركة المتسقة التغير والمتباطئة كلما امتدت المسافة المقطوعة . نشير ان صاروخ تارتغليا يجهل الحلقات الوسطى media quies ، الأمر الذي يجعل عمله ذا صفة أصيلة .

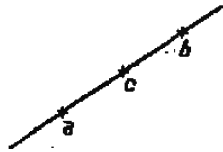


صورة 7 : رسيمة « ثلاثية » لمسار القذائف.

نشير أيضاً الى أن نوافسيتا Nova Scientia ينتهي حول مسائل تطبيقية : تحديد المسافات وتحديد ارتفاعات الأهداف المستهدفة ، وصف آلة قياس الزوايا (الارتفاع) المستخدمة في المدفعية .

تصحیحات مهمة : نحو صاروخ جديد حقاً في سنة 1546 أصدر تارتغليا Tartaglia كتابه : Quesiti et inventioni . وقد احتوى البابان الأولان دراسة حول القذائف تستعيد وتكمل وأحياناً تغير في النظريات التي عرضها نوافسانتا .

والتغير الأهم يقوم على التوكيد على الصفة الانحنائية لمسار الحركة العنيفة ، ما لم تكن هذه عامودية . وفيما خلى هذه الحالة الخاصة لا يتضمن مسار القذيفة أي خط مستقيم . وهذه النظرية تبدو معاكسة للتجربة . ثم ان محاور تارتغليا - لان كتاب الكيزيني Quesiti كتب بشكل حوار - يتلزع بتجربة القاذفين الذين يستدودون الى الهدف مباشرة فوق محور القطعة بواسطة خشبة التسديد (الميرا) . ويجب تارتغليا بأن هذا التطبيق لا يرتكز إلا على عدم دقة الحواس وعلى ضعف الفهم البشري . أما خصمه فيؤكد أن السرعة العظيمة للقذيفة عند خروجها من فم المدفع تعارض مع ميل أو انحناء المسار . فيرد تارتغليا بأن هذه السرعة الكبرى تخفف من القذيفة التي يحملها الهواء كلما كانت سرعتها أكبر ، ولكنها لا تحميها من فعل الجاذبية . فضلاً عن ذلك أن السرعة تتضاءل . ففي القسم ab من المسار تكون السرعة أكبر في القسم ac منها في القسم cb



فهو يتوجب الافتراض أن ac هي أكثر استقامة من cb . أليس من المعقول أكثر الاعتقاد بأن أي من أقسام المسار لا يمكن أن يكون مستقيماً مهماً صغيراً .

الا ان تارتغليا ، الذي كان يدافع بعناد عن الحقيقة النظرية ضد مزاعم شبه تجربة الحس العام والمدفعية ، لم يكن يستطيع في جميع الأحوال رفض شهادة هؤلاء جملة وتفصيلاً . ولهذا جهد في تفسير السبب الذي يجعل القذيفة الثانية ابعد مرمى من القذيفة الأولى ، رغم أن القذف يتم بنفس المدفع . وبصورة متتالية للضربة الأولى والثانية ، في الوقت الذي يكون فيه الارتفاع والقتل موحدين متماثلين .

وقد حاول ايضاً أن يفسر لماذا تكون قوة صدم القذيفة اضعف عند الخروج من بوز المدفع مما هي بعد مسافة منه .

وتضمن كتاب الكيزيني Quesiti عرضاً لستاتيكا تارتغليا Tartaglia المأخوذ عن جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius ، مع أنه لم يذكره ، وهذا ما حمل فراري Ferrari على انتقاده بشدة . ولكنه امتاز باعطاء مخطوطة كتبها جوردان Jordanus إلى كورتيسوس تروجانوس Curtius Tro-

Janus الذي نشرها سنة 1565 تحت عنوان جوزداني اوبسكولوم «Jordani Opusculum . . .» وإذا فقد عرف تراث «المدرسة الباريسية» في القرن الثالث عشر وسمح بنشرها في إيطاليا .

وتارتغليا الذي كتب بلغة وادي نهر البو ، لم يقرأ فقط في بلده . فقد اعيد نشر كتبه من قبله بالذات سنة 1550 ، وبدون تغيير يذكر . وعرف نوحا سياننا سبع طبعات حتى سنة 1583 . ولكن ، - وربما بسبب تردده - لم يكن لتارتغليا تأثير كبير خاصة فيما يتعلق بالاشياء الجديدة التي أتى بها . لأنه اذا كانت نظرية المسار الثلاثي الأجزاء الوارد ذكرها في النوحا سياننا قد نجحت كثيراً ، فإن نظرية المسار المنحني تماماً والوارد ذكرها في كيزيتي Quesiti لم تنجح أبداً . إذ لم يعتمدوها ولم يناقشها احد حتى الرياضيين امثال كاردان Cardan أو بالدي Baldi ولا حتى بنديتي Benedetti الذي عارض التراث بالأسس المتينة لفلسفة رياضية ، والذي ناقش عدداً معلوماً من نظريات تارتغليا Tartaglia . هذا الإغفال يدل على قوة التراث التجريبي التقني وبدلنا على أهمية العوائق التي كان على النظرية الفيزيائية ان تجاهاها .

2 - التغيرات حول فكرة الدفع

كاردان Cardan : ظهر جيروم كاردان Jérôme Cardan ، في كتابه الشهير سابيتليات 1550 Subtilitate ، مناصراً معتدلاً لنظرية ديناميك الدفع . ولهذا فهو يقدم لقارائه عرضاً طويلاً لنظرية ارسطو Aristote ، وهو بذات الوقت يوجه اليه الانتقادات التقليدية التي يوجهها خصومه . وقد بنى هو هذه الانتقادات وادعائها لنفسه . أما عن مسار الشيء المقذوف (انحناء) في الهواء ، فقد اعتمد كاردان Cardan نظرية الأجزاء الثلاثة في بنية الحركة : عنيفة مطلقة ، مختلطة ثم طبيعية خالصة . ولم يكن يعتقد أن القسم المنحني يجب أن يكون مقطوعاً من دائرة ، ولكنه ارتكب خطأ عدم ربط الأقسام المستقيمة والمنحنية في المسار بشكل تلاصقي .

ويبدو كاردان تقليدياً جداً في تقبله لواقعة التسارع الأسامي للقذيفة التي تصل الى اقصى سرعتها والى اقصى قنوة صدمها ، في وسط مسارها . وهو بهذا متفق مع ليونار Léonard ومع ارسطو Aristote أيضاً . اذ يضاف الى قوة الدفع قوة ردة فعل الوسط ، التي تتزايد . ولا يضيف كتاب اوييس نوفم دي بروبورسيوني باس Opus novum de proportionibus (1570) ، شيئاً كثيراً الى النظرية المعروضة في كتاب سابيتليات Subtilitate : فالحركة الطبيعية بذاتها يجب ان تكون متسقة نظراً لأنها من فعل سبب ثابت ، اما الحركة العنيفة فيجب ان تكون ، بعكس ذلك حركة متباطئة باستمرار نظراً لأن سببها يتلاشى وهو يحدتها . وفي الواقع ، ويسبب ردة فعل الوسط الذي يدفع ويسحب القذيفة الى الامام بأن واحد ، فإن كل حركة تتضمن مرحلة تسارع ، وهذه المرحلة في الحركة الطبيعية تدوم حتى نهايتها ، أما في الحركة العنيفة ، فإلى حين معين (ولا يقول كاردان Cardan حتى منتصف المسار) : وقبل ان تتوقف الحركة نهائياً تصبح بطيئة جداً . وهذا يقتضي ان تكون حركة القذيفة ، هي ابطأ ما تكون في ذروة خطها المنحني . ونشير على كل حال ان التأكيد ، المأخوذ بدون شك

عن بناندي Benedetti. بان كرتين من ذات المادة، نازلتين في الهواء تصلان الى الأرض بنفس اللحظة .

بيكولوميني Piccolomini : بخلاف كاردان Cardan في الديناميك النصف ارسطي ، نادى الكسندر بيكولوميني Allesandro Piccolomini في كتابه إن ميكانيكا . . روما 1547 بديناميك الدفع الخالص. ان فعل المحرك يحدث في الجسم المتحرك دفعا مكتسبا بصورة عرضية . وينشأ عن هذا في المتحرك السائر بحركة طبيعية تزايد جذب أو ثقل ظاهري سطحي يمر ورائه تسريع لجركته . وبالمقابل يحدث دفع الحركة العنيفة في المتحرك نوعاً من الخفة السطحية . وهذا يمنعه من السقوط ما دام فعل الدفع قائماً فيه . إذ عندما يخف الدفع ويتلاشى أو عندما تتغلب الجاذبية الأرضية ، يتوقف الجسم عن التحرك العنيف وينزع نحو الأسفل بحركته الخاصة .

سكاليجر Scaliger : في سنة 1577 هاجم ج. م. ساكاليجر J. C. Scaliger في كتابه «دي سابيتليات De Subtilitate ad...» (باريس 1557) عمل كاردان هجوماً عنيفاً وبصورة خاصة استعماله نظرية ردة فعل المكان الى جانب نظرية الدفع . وعارض النظرية الأرسطية بدورة صحن مقطع ضمن صفيحة خفيفة يُحرك بواسطة مدور يدوي (مانيفل) ، الهواء قليل جداً كما يقول سكاليجر بين الصحن وحروف التجويف الدائرية حيث يدور الصحن ، بحيث يستطيع هذا الهواء ، بردة فعل منه تغذية الحركة . والسبب الذي يجعل الصحن يدور والذي قد يسمى «محرّكاً Motio» وليس دافعاً ، «هو شكل يفرضه المحرك وقد يظل هذا الشكل فيه حتى بعد ابعاد المحرك الأساسي . وهذا «المحرك» الذي يتعب ويتلاشى مع الزمن يلعب نفس دور الدافع ويشرح سكاليجر Scaliger تسارع الأجسام الخاضعة لتأثير طويل من محرك ، بفعل تراكم الدفعات التي يعطيها هذا المحرك .

هذه «الردة الفعل» المتأخرة والتي يقول بها تقليدي، بوجه انتقائية الزمن - ان سكاليجر يعارض تمجيد أرخميدس Archimède من قبل كاردان Cardan ويدافع بعنف عن أعجاد العظماء المدرسين أمثال دون سكوت Duns Scott ، هيتسبوري Heytesbury و سوينشيد Swineshead ضد هجمات كاردان Cardan - هذه «الردة الفعل» لم تأت بأي شيء جديد حقاً .

برناردينو بالدي Bernardino Baldi : لا شيء جديد أيضاً باستثناء القول بأن الحركة تولد الحركة عند برناردينو بالدي الذي استلهم كاردان Cardan وبيكولوميني Piccolomini . من ذلك أنه في كتابه «إن ميكانيكا» الذي كتبه سنة 1582 ونشر سنة 1621 ، يقول بالدي Baldi بأن الحركة العنيفة تشبه الحركة الطبيعية ما دام العنف هو المسيطر ، أي انها تسرع في البداية . ولكن الدفع العنيف يتلاشى والحركة العنيفة تتباطأ باستمرار في حين ان الحركة الطبيعية التي تستمر بذاتها هي دائماً في حالة تسارع .

احجية دومينيك سوتو Dominique Soto : نلتفت الآن الى دومينيك سوتو . هذا المدرسي الأسباني الذي اشتهر في زمنه ونسي فيما بعد ، اليه ينسب دوهيم Duhem الشرف بأنه من الأوائل

الذين عرفوا ، في حركة سقوط الأجسام ، وصعودها قذفاً الى الأعلى ، - حالات تكون فيها الحركة متسقة التغير بالنسبة الى الزمن . لم يكن سوتو Soto فيلسوفاً كبيراً . والفيزياء عنده تقليدية انتقائية . ولهذا قد نعجب عندما نراه يؤكد أن :

«الحركة المتسقة التغير بالنسبة الى الزمن هي الحركة التي يكون تغيرها بحيث إذا قسمناها بحسب الزمن ، اي بحسب الأجزاء التي تتعاقب في الزمن وفي كل جزء ، تتجاوز حركة النقطة الوسطى الحركة القصوى الأضعف . في هذا الجزء بالذات - بكمية تساوي الكمية التي تتجاوزتها بها الحركة القصوى الأكثر زخماً .

هذا النوع من الحركة هو النوع المختص بالأجسام التي تتحرك بحركة طبيعية ومختص بالقذائف . وفي كل مرة تسقط فيها كتلة من ارتفاع ما داخل وسط متسق فانها تتحرك في النهاية اسرع مما تتحرك في البداية . ولكن حركة القذائف تكون ابطأ في النهاية منها في البداية . وهكذا تتحرك الأولى بزخم أكبر في حين تضعف الثانية بشكل موحد » (كستيوبي سوبر أوكتو . . سالامك 1572)

ان الترخيم والإضعاف ، للحركة يعينان برأي جان سيلاليا التسريع والتأخير ، والقاعدة التي قبل بها سوتو تعني التأكيد بأن الطريق التي يجتازها مثل هذا المتحرك تساوي الطريق التي يمكن ان يقطعها بذات الوقت بحركة متسقة موحدة تكون سرعتها متوسطة بين السرعة القصوى والسرعة الدنيا لهذا المتحرك .

فكيف توصل سوتو الى جعل حركة السقوط كمثال لحركة موحدة التسارع ؟ وكيف توصل على تقديم هذا الانتقال من مفهوم رياضي خالص الى واقع فيزيائي وكأنه شيء بدوي ، انتقال رفضه دائماً الرياضيون والمناطق من مدارس باريس واكسفورد ؟ انها لمسألة يصعب حلها خصوصاً وان سوتو يبدو متضارباً من التمييز الذي انجر اليه بين طبائع مختلفة للحركة بحسب ما اذا نظر اليها من حيث الموضوع المتحرك أو من حيث الزمن .

ظن دوهم Duhem أن سوتو Soto لم يبدِ الا رأياً تافهاً « قبل منتصف القرن 16 لدى المدرسين الباريين وتلاميذهم » . لكن اذا كان الحال كذلك ، لماذا لم يتوجد هذا الرأي الا عند دومينيك سوتو Dominique Soto ؟ وكيف حدث ان بينه وبين غاليليه Galilée ، لم يرد هذا الرأي ، بمقدار معرفتنا ، عند احد غيره ؟ ولا حتى عند بنيدتي Benedetti ، في مجهوده الواعي المستمر من اجل اقامة الفيزياء على قواعد ثابتة وقوية من الفلسفة الرياضية ؟

3 - بحثاً عن فلسفة رياضية للطبيعة : بنيدتي BENEDETTI

جان باتيست بنيدتي Giam battista Benedetti (1530 - 1590) هو أكثر الفيزيائيين الايطاليين اثارة في القرن 16 . وهو أيضاً الفيزيائي ذو الدور التاريخي الأهم : اذ ان تأثيره على غاليليه Galilée الشاب الذي تبعه خطوة خطوة في كتابه : دي موتو De Motu ، كان عميقاً وغير منكور . لم يجتز بنيدتي الحد الذي يفصل العلم الوسيط عن العلم عصر النهضة عن العلم الحديث . فاجتياز هذا

الحد يعود الفضل فيه الى غاليليه . ولكن بنيدتي تجاوز تارتغليا Tartaglia ، معلمه وسابقه المباشر في جهد تربيض العلم . واكثر من ذلك : في معارضة واعية وعاقلة للفيزياء التجريبية والنوعية التي قال بها ارسطو Aristote ، حاول بنيدتي ان يقيم ، على الأسس الستائية الأرخيدية ، فيزياء ، أو بحسب تعبيره « فلسفة رياضية » للطبيعة .

ولكن محاولته لا يمكن أن تنجح ، لأنه بخلاف غاليليه ، لم يعرف كيف يتخلص من فكرة الدفع المهمة كأساس للحركة . ومع ذلك فقد نجح - وليس هذا بالأمر المهيمن بالنسبة إلى مجده - في تصور انعدام « الحالات الوسط » Quies media والاستمرارية التناقضية لحركة المجيء والذهاب ، تصوراً رياضياً . كما استطاع أن يبين ، بخلاف كل التراث الموروث من آلاف السنين ، أن جسمين ، على الأقل إذا كانا من طبيعة ومن اتساق متمثلين (أي أن ثقلهما النوعي واحد) يقعان بنفس السرعة مهما كان وزن كل منهما . وهنا أيضاً يعود الفضل الى غاليليه بأنه عرف كيف يعمم اقتراح بنيدتي ويوسعه حتى يشمل كل الأجسام دون تمييز طبيعتها .

المحاولة الأولى : يشرح بنيدتي في كتابه المسمى : « حل كل مسائل اقليدس Euclide » ، وقد نشره على انفصال ، في جنوى 1554 ، وقد سرق ج . تسنيه J. Taisnier . بوقاحة هذا الكتاب بعد عدة سنوات ؛ في هذا الكتاب يشرح بنيدتي أن نظرية ارسطو القائلة بأن الأجسام الثقيلة تقع بسرعة أكبر من الأجسام الخفيفة وذلك بنسبة اوزانها ، تحتاج الى التصحيح من نقطتين اساسيتين : أولاً : ليس الوزن بذاته بل زيادة وزن المحرك عن وزن الحجم الذي يحتله هذا المحرك في الوسط المحيط به هو الذي يحدد السقوط وسرعته ثم ثانياً : ليس وزن الجسم هو المؤثر بل ثقله النوعي .

ولكي يثبت حقيقة الحكم الأول عارض بنيدتي Benedetti ، - الذي يؤمن بنسبية السرعة الى القوة المحركة - ارسطو متذرعاً باعتبارات قائمة على الهيدروستاتيكا L'hydrostatique d'Archimède : ان الأجسام الثقيلة ، المغطسة في وسط اخف منها ، (وبالنسبة في الماء) تفقد وزناً معادلاً لوزن حجم مساوٍ من الوسط الذي هي فيه .

اما الحكم الثاني ، فقد اثبته بنيدتي عندما قارن سقوط كلة وزنها 4 وحدات بكلة اخرى وزنها وحدة واربع كلل كل منها وحدة ، مجموعة معاً . من الواضح ان مركز الثقل في كلة الأربع وحدات يقع بنفس السرعة التي لمركز الثقل المؤلف من أربع كلل مجموعة معاً ؛ ومن الواضح أيضاً ان كل واحدة من هذه الأربع الأخيرة تقع بنفس السرعة مع الكلة المفردة . يقول بنيدتي : هذا الحكم الثاني لا يتوافق مع نظرية ارسطو ولا مع أي من شارحيها الذين رأيتهم أو قرأت لهم أو تحدثت معهم وهذا صحيح . وبالمقابل ، وفيها خصص الحكم الأول طور بعض شارحي فيزياء أرسطو ، وبالدرجة الأولى جان فيليبون Jean Philippon نظرية مماثلة تقريباً . وهي النظرية التي تربط سرعة الجسم المتحرك بزيادة الدفع على المقاومة ، مما يعني أن التاريخ يجب أن يقرب بينهما (راجع المجلد I ، القسم الثالث الفصلين الثاني والثامن) . ويبدو مفهوم بنيدتي ، في خصوصيته الذاتية ، من خلال احلال رسمية أرخميدية محل الرسمية الأرسطية في القرون الوسطى .

نهاية الاحلال: (في كتابه ديفرسارون سبيكيلاسيونوم 1585 Diversarum speculationum mathematicarum . . .) يرفض بنيدتي الأفكار الأرسطية حول الثقل والخفة المطلقين ويحل محلها الثقل والخفة النسبيين : كل الأجسام تعتبر ثقيلة ، نسبةً الى ثقلها النوعي densité وهي يزيد او ينخفض وزنها بحسب الوسط الذي يحيط بها. والسلم الكمي عند أرخيدس يحل عندها محل التعارض النوعي عند أرسطو .

ويحتوي كتاب بنيدتي في قسمه الفيزيائي هجوماً منظماً على فيزياء أرسطو ، وعرضاً متمازاً لقاعدة «الدافع» التي يتعصب لها . وككل الذين سبقوه مهاجم قبل كل شيء نظرية أرسطو حول القذف ، ولكنه أكثر عقلانية من كثيرين غيره ، وذلك حين يعتبر أن هذه النظرية لا تصلح : فالوسط لا يمكن ان يكون محركاً ، بل هو دائماً عائق يعارض الحركة ويقاومها .

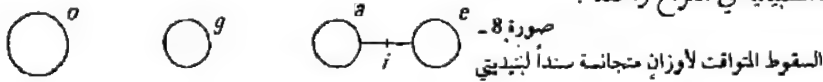
وقد سبق ان درسنا فكرة الدفع كسبب داخلي لحركة الأجسام في المجلد الأول (القسم الثالث ، الفصل 8) وقد عدل بنيدتي النظرية برفضه الدفع الدائري وبإصراره على الصفة المستقيمة للدفع : انها حركة بخط مستقيم تفرضها اليد أو المقلاع. على القذيفة وليست هي حركة دائرية . وكذلك الحال في الحركة الدائرية للبلبل أو لحجر الطاحون : ان كل ذرة في هذه الأجسام تنزع لأن تتحرك بخط مستقيم ، والعنف وحده أي قوة الربط هو الذي يحكمها لكي تدور .

ان تخلف فيزياء أرسطو يفسر برأي بنيدتي بأن أرسطو لم يفهم دور الرياضيات في العلم الفيزيائي . ولا يمكن الا الانطلاق من أسس ثابتة في الفلسفة الرياضية - أي انطلاقاً من أرخيدس Archimède واستلهاماً من أفلاطون Platon - لكي يمكن احلال فيزياء أفضل مؤسسة على حقائق يفهمها العقل البشري تلقائياً ، محل فيزياء أرسطو .

بنيدتي Benedetti وانتقاد أرسطو Aristote : جهد بنيدتي أن يضع أسس هذه الفيزياء الجديدة. الواقع أن أرسطو لم يفهم شيئاً بالحركة . لا بالحركة الطبيعية ، لأنه اعتبر ان الجسم الساقط بحرية يتسارع بمقدار ما يقترب من الهدف وليس ، كما هو الحال واقعاً ، بمقدار ما يبعد عن نقطة الانطلاق؛ وانه لم ير ان «الحركة المستقيمة للأجسام الطبيعية المساعدة والهابطة ليست حركة طبيعية في المقام الأول وبذاتها» بل هي حصة قوة سابقة ، وانه لم ير أيضاً فعل الوسط الذي وضعت فيه هذه الأجسام (من ذلك أن الحركة نحو الأعلى ليست حركة طبيعية على الإطلاق ، بل هي غلبة للأثقف على الأندر) . كما أن أرسطو لم يفهم شيئاً عن الحركة العنيفة لأنه لم ير ان الحركة المستقيمة ذهاباً وإياباً هي حركة مستمرة وتتم بدون توقف ، ولا ان الحركة على خط مستقيم يمكن ان تكون لا نهائية في الزمن رغم انها نهائية في الفضاء .

ولكن الخطأ الأكبر في فيزياء أرسطو هو نفيه وجود الفراغ والحركة في الفراغ . نحن نعلم ان استحالة الفراغ بينها أرسطو عن طريق البطلان : في الفراغ ، أي في حالة انعدام المقاومة تتم الحركة بسرعة لا نهاية لها . ويرى بنيدتي ان هذا خطأ كبير. فنظراً لأن السرعة تتناسب مع الوزن النسبي

للجسم أي مع وزنه المطلق ، ناقصاً (وليس قسمةً على) مقاومة المكان ، يتج عن ذلك مباشرة أن السرعة لا تزيد الى ما لا نهاية له وأنه بعد الغاء المقاومة ، لا تصبح السرعة لا نهائية إطلاقاً . بل هي بالعكس تتناسب ، فيما يخص الأجسام المختلفة (أي الأجسام المؤلفة من مواد مختلفة) متناسبة مع وزنها النوعي المطلق أي مع ثقلها النوعي (Densité) . أما الأجسام المركبة من نفس المادة ، فإن سرعتها الطبيعية في الفراغ واحدة .



وهذا يثبت بالبراهين التالية : « نفترض وجود جسمين متجانسين g و o » (صورة رقم 8) ونفترض أن g نصف o . ونفترض أيضاً جسمين آخرين متجانسين مع الأولين $Acte$ وكل منهما مساوياً لـ g . نتصور أن الجسمين الآخرين يعني e و o موضوعين عند طرفي خط وان i نصف هذا الخط . من الواضح أن النقطة i تحمل ثقلًا يعادل الثقل الذي يحمله مركز o . ثم أن i بفعل الأجسام o و e يتحرك في الفراغ بنفس السرعة التي يتحرك بها المركز ولكن إذا كان الجسمان o و e غير مرتبطين بالخط المذكور فانها لا يغيران سرعتها ، وكل منهما يكون سريعاً مثل g . وإذا ف g تكون بمثل سرعة o .

في الحركة في الفراغ ، وفي السقوط المتوافق لأوزان متجانسة : اننا نبعد كثيراً عن فيزياء أرسطو . ولكن الأسس الثابتة للفلسفة الرياضية ، والنموذج القائم أبداً حول فكر بنيديتي Benedetti وفهمه للعلم الأرخيدي ، لم تسمح له بأن يقف عند هذا الحد . فأرسطو قد صنع لنفسه تصوراً خاطئاً عن العالم تصوراً يتلاءم مع فيزيائه . ان مفهومه الخاطئ للكونسولوجيا المرتكزة على النهائية هي أساس نظريته عن المكان الطبيعي الذي هو اساس الديناميك عنده . والواقع « لا يوجد أي جسم في العالم أو خارج العالم (مهما قال أرسطو) لا مكان له » . امكنة خارج العالم ؟ ! هل من ضير ان تكون فوق السماوات اجسام لا نهائية ! لا شك أن أرسطو Aristotle ينكر ذلك . ولكن حججه ليست على الاطلاق دامغة . ولا أيضاً حججه التي يقول بها عن استحالة تعدد الأكوان وعن عدم فساد السماء وغيرها من الأشياء الكثيرة . كل ذلك لأن أرسطو لم يفهم شيئاً بالرياضيات ، والدليل على ذلك انه انكر حقيقة اللانهائي . وبنيديتي حين عارض انكار أرسطو لوجود اللانهائي قسّم الخط الى قسمين متساويين ، ثم قسّم الى قسمين كل واحد من النصفين الحاصلين وارتابى تكرار العملية الى اللانهائية . وهذا ما عمله على التأكيد بأن التعددية اللانهائية ليست أقل صدقاً من التعددية النهائية .

وهكذا نجد انفسنا قريبين من غاليلي Galilée ومن ديكارت Descartes . وقريبين جداً . ولكن أيضاً بعيدين ، اذ من بين الأخطاء التي ارتكبها أرسطو بشأن الحركة ، لم يستطع بنيديتي ان يلحظ الخطأ الأكبر بل وقع فيه . وهذا الخطأ هو انه رأى في الحركة تغييراً لا « حالة » . وهذا الخطأ يجعل الفلسفة الرياضية لدى بنيديتي وراء الخط القاسم الذي يفصل علم عصر النهضة عن العلم الحديث .

4 - أرخميدس Archimède جديد : سيمون ستيفن Simon Stevin

ان مساهمة ستيفن الوحيدة في الديناميك تقوم على تجربة حول سقوط الأجسام اجراها مع جون غروسيوسوس Jean Grotius سنة 1585 ، وذلك لمعرفة : هل الأجسام الثقيلة تقع اسرع من الأجسام الخفيفة كما يقول ارسطو ، ام انها تقع بذات الوقت كما يؤكد ذلك تسيني Taisnier و كاردان Cardan .

دلت التجربة انه اذا وقعت طابتان من الرصاص من وزنن مختلفين بنفس السرعة ، فبالقابل يقع خيط القطن بصورة أبطأ من رزمة القطن المكبوس : وإذا فالنظريتان خاطئتان . وقد ندهش ان ستيفن لم يحاول معالجة هذه النتيجة المخيبة . فقد يمكن ان يكون قد توقف بفعل الصعوبات التي يفرضها وضع ديناميك رياضي ، أي استحالة اقامة العلاقة بين المقاومة والقوة نظرياً ثم استحالة جعلهما تجريداً ، كما فعل عامداً في ستاتيكة وفي الأيدروستاتيك الذي وضعه . وبهذا الشأن ورغم هدفه العملي ودرسه للفن الوزني، ولأثر الآلات البسيطة مثل المخل والبكرة رأى ستيفن أن الستاتيك هو بذاته علم نظري خالص وهو فرع من الرياضيات حاله كحال الحساب والجيومتريا .

ونشر ستيفن كتابه ستاتيک باللغة الفلمنكية أولاً ، وضمنه تطبيقات عملية ومعالجة ايدروستاتيكية وذلك في سنة 1586 . واعيد طبع الكتاب مع اضافات سنة 1608 وترجم الى اللاتينية من قبل سنيليوس Snellius . ولكن البيرجيرار Albert Girard نشر ترجمة فرنسية للكتاب في سنة 1634 .

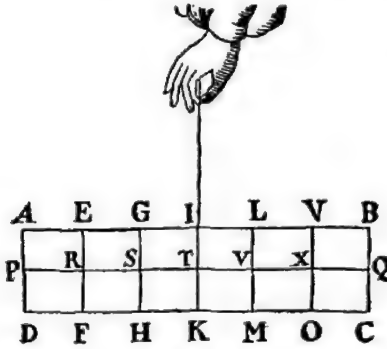
فصل الستاتيك عن الديناميك : ان ستاتيک ستيفن ارخميدي خالص . ويكفي كما يقول دوهيم Duhem : تصفح الكتاب حتى نعرف في ستيفن تلميذاً أميناً للجيومترى السيراكوزي . ولذا فهو يحكم ضد التراث المنبثق عن « مسائل ميكانيكية » ، والذي يربط بين الستاتيك والديناميك ويفسر توازن العتلة باعتبارات تنظر الى الحركات على انها اقواس دائرة تقوم بها أطرافها .

وعلى كل لا يبدو ستيفن متمسكاً بهذا الحكم . اذ يهذ الشأن ، وفي ملحق ثانٍ لكتاب الستاتيك وفيه يدرس توازن البكرات ، والرافعات ، كتب يقول انه يطبق على هذه الآلات الهدية التالية : *Ut spatium agentis ad spatium patientis, sic potentia patientis ad potentiam agentis* . ويعيد ادخال تنقلات ، من العبث التساؤل ما اذا كانت فعلياً قائمة او ممكنة محتملة .

ستاتيک ستيفن : نظرية المخل : يقسم كتاب الستاتيك الى باين . الباب الاول يدرس خصائص توازن الأوزان او الأنقال ويدرس الثاني بحوثاً حول مراكز الثقل في الرسوم المسطحة وفي الأجسام الصلبة . ويقسم الباب الأول الى قسمين القسم الأول فيه تعاريف وبيدييات والقسم الثاني فيه اقتراحات تعالج الأوزان النازعة عامودياً (بفعل نظرية المخل) ، والأوزان النازعة مائلياً (بواسطة السطح المائل) .

ان نظرية المخل ذكية وانيقة ، وهي ترد شروط التوازن في أي مخل الى حالة ابسط حالة الميزان ذي الذراعين المتساويين الذي يعطي نتائج اكيدة حالاً .

يفترض وجود موشر *Prisme* متجانس معلق بمركزه في الصورة، مركزه الذي يشكل بذات الوقت مركز ثقله النوعي *T* (صورة 9) ، من المؤكد أنه سيكون في حالة توازن . لنقسمه ، ذهنياً ، الى ستة اجزاء متساوية بالخطوط *BC VO, LM, IK, GH, EF, AD* نجتمع بالفكر ايضاً ، القطع الأربع اليسارية والقطعتين اليمينيتين: ان مراكز ثقلها النوعي المتالي تكون عند *S* و *X* . نُجَلِّدُ محل كُلِّ من هذه الأجسام ثقلاً مساوياً ، يعلق عند مركز الثقل النوعي لكل منها . وهذه الأثقال يجمعها عامود صلب : ان التوازن لا يتغير ، الا ان المسافة التي تفصل *T* عن *S* وعن *X* تتناوب عكسياً مع الأوزان المعلقة . ان التحليلات ، المبنية على نفس النموذج ، تدل على صحة القيمة العامة لهذا الحكم مهما كان شكل الأجسام المعنية أو الطريقة التي بها تعلق بالعامود (الصلب) الموجود في الميزان .



صورة 9 - تبين شروط التوازن في ميزان متساوي الذراعين وضعه ستيفن

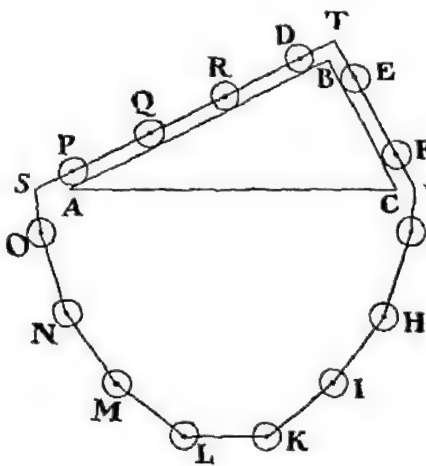
الى مبدأ اساسي في الميكانيك ، بواسطة تحليل استقرائي لدرجة يبدو معها الاستنتاج بدنياً عقوباً .

السطح المائل: «العجيبة ليست عجيبة»:

يحل ستيفن *Stevin* ، كما قيل احياناً ، مشكلة السطح المائل ، فقد أثبت دوهيم هذا الشأن ان هذا الحل قد عثر عليه جوردانوس نيموراريوس *Jordanus Nemorarius* وعنه «اخذه» استعاره تارتاغليا *Tartaglia* . الا ان نظرية التوازن ، تلحق باسم ستيفن *Stevin* . فقد عثر عليها ستيفن *Stevin* ، بواسطة تحليل اصيل وجديد ، مرتكز على «استحالة الحركة الدائمة» ، ثم حوَّله الى مبدأ اساسي في الميكانيك ، بواسطة تحليل استقرائي لدرجة يبدو معها الاستنتاج بدنياً عقوباً .

هذا التبيين ، (وهو الأشهر ، وقد كان ستيفن فخوراً به الى درجة انه كتب تحته «العجيبة ليست عجيبة» ، على الصفحة الغلافية من كتابه) . يقوم على رسم مثلث *ABC* بحيث يكون الضلع *AB* اطول من الضلع *BC* بمرتين . ويوضع الضلع المذكور أي *AB* بشكل يكون سطحه عامودياً وقاعدته موازية للأفق ثم احاطته بالثالي بسلسلة مؤلفة من 14 كلة متساوية وعلى نفس الأبعاد *R, Q, P, O, N, P, L, K, I, H, G, F, E, D* (صورة 10) .

في هذه الحالة تقع كلتان على الضلع *BC* ، وأربع على الضلع *AB* والثماني الباقية تعلق تحت بحيث تشكل مجموعة متقابلة . وبالصورة يكون الجميع يخالة توازن لانه اذا كانت « الجاذبية الظاهرية » - وهو مفهوم يتوافق مع المفهوم المسمى « الجاذبية الثانية المكائية » *gravitas secundum Situm* ، بحسب الستاتيك الوسطي - للكتلتين *F* و *E* لا يتساوى مع الجاذبية الظاهرية التي للكل

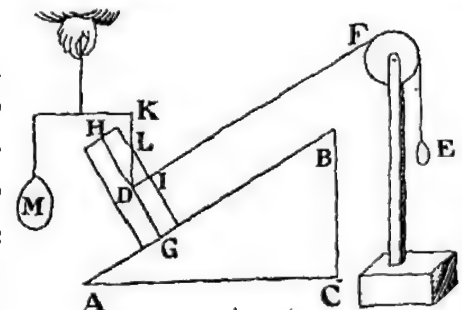


صورة 10 - السطح المائل عند ستيفن .

DRQP ، عندها تأخذ «الكلل الأثقل» بالهبوط في حين ترتفع الأخف ، الأمر الذي يجدد الوضع الأسامي مع ما يلحق به أي الحركة في «الكلل الأثقل» . وهكذا تنشأ حركة دائمة وهذا محال . ان «الجاذبيات الظاهرية» للأجسام الموضوعة على سطوح مائلة تتناسب عكسياً مع طول هذه السطوح . وينتج عن ذلك أن هذا الوزن الظاهري ، إذا قورن بالوزن الذي يمكن أن يوازنه ، يتناسب مع خارج قسمة AB (الضلع المواجه للزاوية القائمة) على ضلع الزاوية القائمة BC (صورة 11) .

والخط DF الموازي لـ AB يحمل الثقل D بحيث يبقى متوازناً إذا كان الوزن E يساوي : $D \frac{AB}{BC}$ ، ويكون الحال كذلك أيضاً إذا كان الخيط DK يشد الوزن D عامودياً نحو الأسفل بشرط أن يكون الوزن M مساوياً للوزن E .

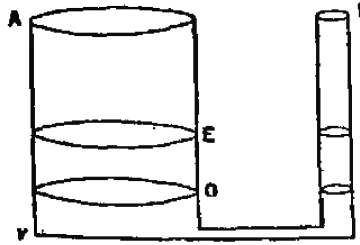
وقد درس ستيفن Stevin أيضاً حالة يكون فيها الوزن D مشدوداً بخيط غير مواز للسطح المائل (شافل مائل) ، وتوزيع الوزن على السنادات ، الخ . وأخيراً وفي قسم أخير من الستاتيك : سبارتوستاتيك Spartostatique بدرس ستيفن توازن الأجسام المحسولة بخيوط . وقد توصل إلى وضع قاعدة متوازي اضلاع القوى ، في حالة وجود مكونات مستطيلية .



صورة 11 - شروط توازن جسم مرتكز على سطح مائل سندا لستيفن .

أيدروستاتيك ستيفن : ولكن إذا كان عمل ستيفن في الستاتيك ، وبفعل الوضوح الذي يضيفه على هذا العلم جعله يسندو وكأنه المبدع الثاني بعد أرخميدس Archimède ، فإن عمله في الأيدروستاتيك ربما كان أروع . اذ يجب القول ان الأيدروستاتيك منذ أرخميدس لم يحرز أي تقدم .

ويمكن القول ان بنيدتي Benedetti وحده ، حين اكتشف مبدأ التوازن الإيدروستاتيكي قد قام بخطوة الى الأمام . وبهذا الشأن يقول بنيدتي في كتابه ديفيرساروم سبكولاسيونم Diversarum Speculationum ان الماء في الأوعية المتصلة يكون على نفس المستوى وبالتالي إذا كان جسم المضخة AV قد واصل بأنبوب ضيق F (صورة رقم 12) فإن ماء الأنبوب يكفي لمقاومة دفع الماء في جسم



صورة 12 - دراسة الأوعية المتصلة على يد بنيدتي .

المضخة AV وبالعكس ، رغم ان ماء الوعاء AV يزيد في حجمه وفي وزنه عن ماء الأنبوب F .

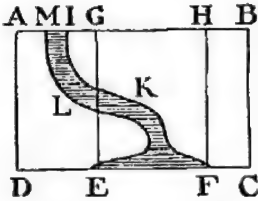
من هذه الملاحظات استنتج بنيدتي - وهو بذلك سابق على باسكال Pascal وضاعطته المائية - انه ، اذا كان جسم المضخة AV اعرض بعشر مرات من الأنبوب F فانه يلزم وزن عشرة أضعاف في AV لدعم ضعف واحد في F .

ولم يعرف ستيفن بنيدتي - اذ لم يقرأ الا كتاب أوبسكولوم L'opuscolum الذي وضعه ج . تسييني J. Taisnier ، ونشر في كولونيا Cologne ، دون ان يشك بأن الكتاب مسروق عن كتاب بنيدتي وعنوانه ديونستراسيو - ولذا يعتبر عمله مستقلاً واصيلاً .

ولهذا العمل من ستيفن أيضاً مدلول آخر غير مدلول عمل الفيزيائي الايطالي بنيدتي . اذ من نفس الملاحظة المتعلقة بالأوعية المتصلة وتوازن الماء فيها ، وان الماء في الأنبوب الصغير يعادل من حيث الوزن وزن الماء في الوعاء الكبير ، يستنتج ستيفن بأن الضغوطات التي يمارسها الماء في الأنبوب الصغير والماء في الوعاء الكبير ، فوق سطح فاصل ، هذه الضغوطات متساوية . ومن هنا ويفضل تحليلات انيقة واصيلة بين ستيفن ان ضغط الماء على قاع وعاء لا يتعلق لا بشكل هذا الوعاء ولا بكمية الماء التي يحتويها بل فقط بارتفاعه . ويقول آخر ان الضغط يساوي الضغط الذي يمارسه على هذا القاع وزن منشور (Prisme) قاعدته تشكل القاعدة وارتفاعه يساوي الخط العمودي بين قعر الإناء وسطح الماء . ومن هنا المقارنة الأيدروستاتية الشهيرة القائلة بأن اي سائل يمكن ان يمارس على قعر الوعاء الذي يحتويه ضغطاً يزيد كثيراً عن وزنه .

ويستند تحليل ستيفن على المبدأ (قاعدة 4 ، بند 4) القائل بأن أي جسم صلب مهما كان شكله وذا وزن نوعي معادل لوزن الماء ، يبقى في حالة توازن مهما كان وضعه ، وبالتالي ان احلال هذا الجسم محل أي قسم من الماء الموضوع في وعاء (مبدأ التجميد) لا يغير شيئاً من ظروف التوازن وفي ضغط الماء . فلنحل اذا مثل هذا الجسم الجامد محل كل الماء الموجود في الوعاء ، باستثناء بعض مساحة في القعر وباستثناء قناة ، مهما كان شكلها تربط بين القعر والسطح ، في هذه الحالة لا يتغير الضغط . فلنفرغ القناة : يزول الضغط وينعدم . غلأ القناة من جديد : يعود الضغط . ويبقى دائماً مهما كان شكل القناة . واذاً فالحجم ووزن الماء الضاغط يساوي ضغطاً يحده منشور قائم مركز على القعر المذكور . هذا الضغط يحدث على حد سواء من اسفل الى اعلى ومن اعلى الى اسفل .

ولهذا اذا تصورنا القعر EF في الأنبوب KLI متحركاً (صورة رقم 13) يجب من اجل معادلة ماء الأنبوب وجود وزن يفوق عدة مرات وزن هذا الماء ، وذلك من اجل موازنة ماء الأنبوب .



صورة 13 - تحديد ستيفن للضغط
الذي يمارسه سائل معين على قاع
الوعاء .

عند دراسة الضغط الحادث على القعر يضيف ستيفن
Stevin دراسة الضغط الذي يحدثه السائل على اطراف الوعاء
الذي يحتويه .

ولتحديد هذا الضغط وضخامته قطع الجوانب الى اقسام أفقية
واعتبر الضغط العام وكأنه مجموع الضغوطات الجزئية التي يمارسها
السائل على كل من هذه الأقسام، ضغوطات تتعلق بالعمق بين سطح

الماء وكل من الأجزاء المعنية . وبهذا الشأن شكل ستيفن سلسلتين لكل منها عمق القسم متخذاً كعمق
للقسم مرة عمق حده الأعلى ومرة عمق حده الأدنى . والمجموع الأول اصغر والمجموع الثاني أكبر من
القيمة المتباعدة التي تشكل الحد المشترك والتي نعثر عليها كلما زدنا الى ما لا حد له عدد الأقسام. وهكذا
يكون الضغط الذي يسببه السائل على حاجز عامودي مساوياً لوزن نصف موشور يشكّل الحاجز
قاعدته اما ارتفاعه فيساوي ارتفاع مستوى الماء في الوعاء . وبفضل اعتبارات مماثلة حدد ستيفن
ضغوطات السائل على الجوانب المنحنية وعالج أيضاً الحالات التي تكون فيها الجوانب أو الجوانب
مستديرة، أو معوجة . فضلاً عن ذلك أضاف البرهان الجيومترى تدليلاً رقمياً .

علامة من علامات الوقت : يقفز امام النظر الايمان الأرخبدي في هذه المناهج ولكن يبقى
لستيفن فضل ومجد استعمالها في مجال لم يفكر احد قبله بها .

واذا قورنت مساهمات ستيفن في نظرية السفينة ببقية عمله التنظيري فانها تبدو ثانوية . الا أنه
يعود الفضل الى ستيفن في تبيان ، ليس فقط ان السفينة تكون اكثر استقراراً كلما كان مركز ثقلها
النوعي أدنى ، بل أيضاً أن هذا المركز يجب ان يكون ادنى من مركز الثقل النوعي للماء الذي يحتله
غاطسها .

ونهي بالتذكير بان اعظم مجد احرزه ستيفن ، بالنسبة الى معاصريه ، لا يكمن لا في « حسابه »
ولا في مستاتيكة ولا في ايدروستاتيكة بل في عربة ذات شراع بناها سنة 1600 من اجل موريس دي ناسو
Maurice de Nassau ، عربة تسع لثمانية وعشرين شخصاً يجلسون فيها ولا يستطيع اي حصان
اللاحاق بها .

الكتاب الثاني :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :

العلوم المتعلقة بالأرض

ان علوم الأرض تحمل ، اكثر من غيرها من علوم الطبيعة ، ثقل المواقف الفكرية او السيكولوجية الموروثة عن الماضي او المرتبطة بغاية هذه المواقف . مركز الكون ، مقر الانسان ، تلعب الأرض دوراً أساسياً في كل علوم الكون (كوسمولوجيات) ، ولكن احشائها تتضمن كنوزاً وربما أيضاً « الجحيم » . والانسان الذي يدخل وهو يرتعد في الكهوف المظلمة ، يخشى أن يجد فيها الشياطين الى جانب المعادن الثمينة . ولكن هنا أيضاً يمكن أن نعثر بحق على الطبيعة الحقة وهي تعمل . في أي مكان آخر لا يوجد مثل هذا الاحساس بالصفة البروميثية (الحضارية) في البحث عن المعرفة .

تعطى الكوسمولوجيا الأرسطية للأرض وضعاً خاصاً . فالكون بحكم أنه أزلي تكون الأرض اذلية مثله وهذا يقتضي نفي أو استبعاد فكرة الأحداث الكبرى الجيولوجية . ولكن الأرض بحكم موقعها من عالم تحت القمر ، وهو مكان الخلق والفساد ، معرضة لتغيرات دائمة : من جهة ، ان العناصر يمكن أن تتغير بعضها في بعض . ومن جهة اخرى أن الابخرة الجافة والرطوبة التي تتصاعد من الأرض بتأثير من الأجرام السماوية تتحكم بالميتورولوجيا (حالة الرطوبة والجفاف) وبدوران المياه وحتى بالزلازل . وهناك سلسلة من الأحداث الجيولوجية تفسر بأسباب فيزيائية ، الا ان البحث المنهجي قلما يكون ممكناً نظراً للحالة الإقليمية التي تتحكم بالأحداث المرصودة .

وبالعكس ان الكوسمولوجيا المسيحية نفرض فكرة خلق الكون في لحظة محددة من الزمن . والكمال الواجب بحكم أنه إلهي ، كمال الكون المخلوق ، يفترض تلاؤماً صحيحاً بين اقسامه ويفترض أن تكون الأرض ، في تضاريسها ، في وضع يساعد على التفكير في المصير الاخروي اكثر من البحث عن الأسباب الفيزيائية . ورغم أن التراث الموروث عن « الأنبياء » لا يفرض فكرة الخلق الكامل ، دفعة واحدة ، الا أن هذه الفكرة فرضت نفسها بصورة تدريجية . والتسلسل التاريخي التوراتي يوحى بتاريخ محدد لخلق الكون : وهذا التاريخ يختلف بحسب المفسرين ، فهو يقع عادة في

حوالي 4000 سنة قبل المسيح . وتاريخ الأرض ، اذا اخذ بين الأبدية الغامضة التي قال بها ارسطو والاختصار في التاريخ ، التوراني لا يمكن أن يتطور ولا يمكنه أن يتضمن إلا أحداثاً ذات مدى قريب .

ومن جهة أخرى ان الفكرة المتكونة عموماً عن « الطبيعة » كقوة ناشطة أبداً ومحكومة بقوة منبثقة عن الله ، حتى وان لم تلتبس به ، تجعل من احشاء الأرض المكان الدائم للتغيرات الدائمة . وفي افضل الأحوال تعتبر هذه التغيرات من تلك التي تطمح الخيمياء الى احداثها في المختبر . وهذه التغيرات العميقة ، المتخيلة سناً لمبادئ الخيميائي ، أكثر مما هي وفقاً لنموذج ارسطو المتعلق بتغير العناصر ، هذه التحولات لا تعتبر تفاعلات كيميائية ولكنها قد تصبح كذلك . وفي أسوأ تفسير يعتبر نشاط الطبيعة هذا كعملية سحرية يدخل فيها تأثير النجوم . ان « الطبيعة » او العالم الروحاني هي التي تعطي لبعض الأحجار والصخور اشكالاً عجيبة واعضاء شبيهة باعضاء الانسان او الحيوانات ، واحياناً حروفاً لاتينية او عبرية . ان المتحجرات تعتبر بصورة خاصة كالعاب في الطبيعة . وعلى كل حال ان الحدود بين المملكة الحيوانية ومملكة الجماد ليست واضحة فالأحجار تنبت كما تنبت الأعشاب مما يدل على انها كائنات حية .

وعلى الأقل من المسلم به ان شيئاً ما يحدث وان الطبيعة تعمل باستمرار وانه يمكننا محاولة فهم سر عملياتها . وهناك بعض المفكرين الكبار يحملهم هذا الاقتناع على البحث عن اسباب فيزيائية لبعض الأحداث التي تسهل ملاحظتها . يقول برنار باليسي Bernard Palissy : ورد في كتاب « الخلق » ان الله خلق كل الأشياء في ستة أيام وأنه استراح في اليوم السابع : ولكن الله لم يخلق هذه الأشياء ليتركها بدون عمل ولهذا فكل شيء يقوم بواجبه ويتحرك . لا شك انه نقصنا معارف كثيرة ايضاً ، ومفاهيم كثيرة وقواعد ومناهج تجريبية ما نزال نحتاج الى اختراعها لكي يقوم علم بهذا الشأن . ولكن الفضول غير الزمن يراكم المعارف التفصيلية ويضع مختصرات تفسيرات جزئية نسيها القرن السابع عشر لمدة طويلة نظراً لاهتمامه الخيث بالكوسموجونيا الفيزيائية (أي علم نشأة الكون) .

فضلاً عن ذلك كان الفضول في القرن السادس عشر بعيداً تماماً عن التنظير . وتفرض الدراسات حول حركة البراكين في بلدان حوض المتوسط نفسها فالبحت التعديني والأيدولوجي تشجع عليه احتياجات الطب الذي يعطي لبعض الأحجار خصائص شفائية ويستخدم المياه الحارة . وقد ساعدت الرأسمالية الناشئة خاصة في المانيا البحوث المنجمية .

ولكن الكتب الثقينة المؤلفة حول هذه البحوث ظلت في أغلب الأحيان عملية وقلما أدت الى نظريات عامة . ولكن هذا لا يعزى فقط الى التناظر أو التعارض بين النظرية والتطبيق كما ينصوره برنارد باليسي Bernard Palissy في كتابه « خطابات مدهشة » : بل ربما يعود هذا بصورة خاصة الى ذهنية القرن السادس عشر بالذات .

بنية الأرض : اذا كان الشكل الدائري للأرض لم يعد أبداً موضوع شك من قبل أي كان فان التكوين الفيزيائي لهذه الكرة ، وطبيعة الأقسام المركزية يثيران جدلاً كبيراً . ونظرية النار المركزية قديمة

جداً. ولكن التيولوجيا أعادتها الى الحياة بقوة، حتى جاكوبو ماريانو دي سيان Jaccopo Mariano de Sienne وضع لهذا الموضوع ، في القرن الخامس عشر ، تفسيراً عاماً يتناول البراكين والهزات الأرضية. اما كاردان Cardan فيرى أن كتلة الكون سائلة وإن القارات تعوم على سطح الماء. وهذا الأمر رفضه بعنف ج. س. سكاليجر J. C. Scaliger ، الذي يعتبر أن كتلة الكون جامدة وإن البحار لا تغطي الا قشرة سطحية قليلة السماكة (سابيليتات 1557 Subtilitate). وهذا الرأي يبدو أكثر شيوعاً : فهو مقبول لدى ليونارد دافنشي Leonard de Vinci ولدى أغريكولا Agricola ، على الأقل . وهذا المفهوم لا يمنع من القول بوجود كهوف ضخمة في باطن الأرض الصلبة مملوءة بحسب الآراء ، بالماء او بالنار أو بالهواء العنيف ، ونشاطها بارز بظواهر سطحية . وهو لا يمنع كذلك من افتراض وجود كمية ضخمة من المياه الباطنية .

تضاريس الأرض وأسبابها : ان هذه المسألة من أكثر المسائل أهمية واثارة للجدل ويبدو بشكل عام أنه من المقبول القول بأن هذه التضاريس في الأرض ، في خطوطها الكبرى ، تعود الى أيام خلق العالم . فالهيفينوتي برنارد باليسي يقول : « الله حدد حدود البحر فلا يتجاوزها : كما كتب ذلك سفر الانبياء » . اما سكاليجر فيقول من العبث ايضاً البحث عن منشأ الجبال وعن منشأ كل الكون : فكلها وضعها الله بالاماكن المناسبة. ولكن هذه النظرية تصطدم بانتقادات جديدة . والفكرة الأكثر اصابة ان لم تكن الفكرة الأقوى هي فكرة خلق الجبال بفعل الجاذبية بين الكواكب ، ويجب سكاليجر : اذا صحت هذه الشروط فالجبال يجب ان تدور مع الكواكب. ولكن التشبيهي سكاليجر اخطأ بالتخلص سريعاً من الحلول الأخرى المقترحة لهذه المشكلة : ذلك أنه لا يستطيع الاعتقاد بأن تضاريس الأرض قد اصابها تغييرات مهمة منذ خلق الكون .

فالهزات الأرضية والبراكين توحى بعدم استقرارية القشرة الأرضية ، ومنذ العصور القديمة كانت صقلية Sicile ومنطقة نابولي Naples مكانا لنشاط بركاني رخم استمر حتى القرن السادس عشر (1488, 1527, 1538). ويعزو ارسطو في كتابه علم الارصاد الجوية (ميتيرولوجيا) الظاهرة الى رياح باطنية مضغوطة داخل الفجوات . وأعاد سكاليجر هذا التفسير ، إلا أن آخرين مثل كاردان وبرنارد باليسي ، يقولون بالنيران الباطنية التي تستهلك كميات من الكبريت والبيرت والفحم الحجري . وهذه النيران تعمل اما بصورة مباشرة او تولد ابخرة عنيفة تضغط بشكل رياح باطنية . وهذه الرياح تفجر اقبية الفجوات التي تحتويها فتولد الزلازل وتفجرات البراكين ، واحيانا ظهور أراضٍ جديدة مثل جزيرة ميكراكميري Micra Kaimeri في خليج سونتورين Santorin ، 1573 . ولا يبدو ان احداً فكر في توسيع هذا التفسير ليشمل كل جبال الكرة الأرضية . والعكس من ذلك يرى أغريكولا Agricola ان النار لا يمكن الا ان تلتف الجبال وذلك بالقضاء على اجزائها الداخلية . وهناك ملاحظة غريبة ابداءها سكاليجر مفادها ان غرق كتلة صلبة في مادة لدنة مثل غرق الحجر في الوحل ، يؤدي الى رفع سطح المادة اللدنة . ولكن هذه الفكرة سرعان ما تمحل عنها المؤلف لانه لم يردى القول بها .

والواقع ان الفكرة السائدة عموماً هي نظرية «نبتونية» (قبل وقتها). ويرى ليونارد دا فينشي

Leonard de Vinci أن الجبال ، وهي عظام الأرض كانت مغطاة في الأصل بمواد خفيفة ازالها الحت واخذها الى الاماكن المنخفضة . وليست الفكرة واضحة تماماً ، ويجب الافتراض بأن الجبال كانت مغطاة بتراب لين وانها كانت موجودة منذ التكوين . اما فكرة أغريكولا فتبدو أكثر وضوحاً وأكثر جرأة :

« فالهضاب والجبال احدثتها قوتان : قوة الماء وقوة الريح . وهناك ثلاث قوى تزرع الجبال وتزيلها ، وهنا يجب ان نضيف الى قوة الماء وقوة الهواء قوة النار الداخلية في باطن الأرض . ولأن نستطيع ان نرى بوضوح ان الكمية الكبيرة من المياه تحدث الجبال ، لأن السيول تسحب الأرض الطرية ثم تنقل الأرض الأصلب وبعدها تدحرج الصخور الى القاع ، وهكذا تحفر بعد سنين السهول والفجوات الى اعماق بعيدة . وهذا يمكن ان نلاحظه في المناطق الجبلية حتى من قبل مراقبين غير محجرين . وان نحن حفرتنا الى اعماق بعيدة ، عبر الأجيال تتكون لدينا هضاب ضخمة على الجانبين . وعندما يرتفع هكذا شاهق تذوب التربة وتاكلها الأمطار الدائمة بعد أن يكون الجليد قد فجرها وفجر الصخور ، ما لم تكن هذه الصخور صلبة للغاية ، نظراً لأن ركاثرها تكون قد ماعت بفعل الرطوبة ، عندها تندرج الصخور في الفجوات المتكونة في الحضيض . ويستمر الحال هكذا الى ان يتحول المنحدر العنيف الى منحدر لطيف . وكل جانب في الحفرية يسمى جبلاً ويسمى القاع وادياً . . . ولكن هذه التحولات في الأوضاع مهما كانت من الكثرة ومن الأهمية ، لا يعزوها الناس الى حين حصولها بالضبط ، وذلك بسبب قدمها وبسبب تقادم الزمان والمكان والكيفية التي بدأت بها ، فلا تستطيع ذاكرة الانسان امتيعاها . »

وتتضمن الخلاصة نوعاً من الاستشعار بضخامة الأزمنة الجيولوجية ، وفي هذا بصورة خاصة تكمن جرأة النص رغم انه من الممكن العثور على نفس الملاحظة عند أرسطو Aristotle . ووصف مختلف اشكال الحت بواسطة الماء (امطار، جليد ، مياه جارية) يبدو واضحاً نوعاً ما ، ولكن الفكرة لم تكن جديدة . اذ من المعلوم ، منذ أيام هيرودوت Hérodote ان مصر كانت هبة النيل . وقد احتج سترابون Strabon ضد توسيع هذا النمط من التفسير والامراف به . ورغم ذلك فقد تمت العودة اليه ووسعه ليونار . دار فينشي Leonard de Vinci بصورة خاصة ، حين نظر في الشروط التي بها ينقل الماء الجاري الحث ليراكمه بشكل ترسبات . وليس هناك من دراسة جدية حول نقل مختلف المواد المعدنية . ومن الملحوظ تماماً ان فكرة النقل بواسطة المياه الجارية تغلب بصورة واضحة على فكرة الترسب في مياه هادئة . والواقع ، ان الاطار التاريخي التسلسلي الذي فرضه «الثورة» ، يوحى بفكرة الأحداث السريعة نوعاً ما ، اما ظاهرات تراكم القشرات فقلما لقت انتباه العلماء .

والشيء الذي سهل في القرن السادس عشر نجاح تفسير التضاريس بفعل المياه والحت والترسب ، هو بالدرجة الأولى امكانية رصد الظاهرة التي أشار اليها ليونار دا فينشي وكذلك برنار باليسي Bernard Palissy ، اضافة الى بساطتها البالغة . ويضاف الى ذلك ايضاً الجهل العام بعلم الأيدروساتيك والجغرافيا . ويرى برنار باليسي وكثيرون غيره مستوى البحر اعلى في اغلب الأحيان من

مستوى الأرض ، انما في وسطه فقط : «ان البحر في اطرافه محكوم ، بأمر الله حتى لا يغطي على الأرض» . ومستوى البحر الأحمر اعلى من مستوى البحر المتوسط . وهذا ممكن لأن المحيط الهندي غير مرتبط كثيراً بالأطلسي . والمياه يمكن تماماً أن تكون قد غطت الأراضي وكونت الجبال دون التساؤل الهندي عن مصيرها فيما بعد . واخيراً أن وجود المياه في امكان مرتفعة من الجبال يدل عليه وجود الأصداف والمتحجرات البحرية .

مسألة المتحجرات : ان وجود المتحجرات البحرية في اراض بعيدة جداً عن البحر كانت معروفة تماماً عند الأغريق . وقد استنتج من ذلك هيرودوت وارسطو وسترابون Strabon ان البحر كان يغير هذه الأراضي من قبل . وهذا يعني ، منذ البداية ان هذه المتحجرات هي بقايا حيوانات بحرية . ولم يؤكد ارسطو ذلك بصورة وضعية . اما بلين Pline فافترض أنها ربما تكون احجار صواعقية او بفعل لعب الطبيعة التي عملت على تكوين هيكليات حجرية خالصة تقليداً للكائنات الحية . والنظامان وجدا من يدافع عنها في القرن السادس عشر . وقد دافع عن النظام الثاني مركاني Mercate واوليفي Olivi وغيرهما ، قائلين بتدخل وخدة اعمال الطبيعة والقدرة الخلاقة لتأثيرات الكواكب . وظل النقاش مستمراً حتى القرن الثامن عشر . ولكن يبدو ان غالبية العلماء لم تردّد اطلاقاً حول نشأة المتحجرات ذات الأصل الحيواني . ومن هؤلاء كان البير Albert الكبير ، اما ليونارد دافنشي والسندرو السندري Alessandro Alessandri ، (1523-1460) ، وفراكاستور Fracastor وجسner Gesner ، وسيزالينو Cesalpino ، وبرنار باليسي Bernard Palissy فلم يعترفهم الشك حول هذا الموضوع . والمسألة الحقة هي الى أي حدود كانت الأرض مغطاة بالمياه في الأمكنة التي اكتشفت فيها اليوم المتحجرات البحرية . كاردان Cardan ، وغيره أدخلوا الطوفان التوراتي باعتباره التفسير الذي يتلاءم مع اقصر تاريخ للأرض وارد في سفر التكوين ، وكان الانسان منذ البداية شاهداً عليه . ولكن هذا التفسير يثير مصاعب درسها بعناية ليونارد دافنشي فقال : لو أن المتحجرات قد وضعتها الأمواج الطوفانية ، لكنت قد بعثرت في جنبات الجبال ولما كانت مجموعة كلها عند نفس المستوى قشرة فوق قشرة . مما يدل على أن ليونارد افترض ان الأصداف التي كانت تعيش في مياه البحر ، قد غطيت بصورة تدريجية بالحمم التي جلبتها الأنهار : وهذه الطريقة ظلت هذه الأصداف محاطة وميتة تحت هذا الطمي الذي ارتفع الى علو أعلى من سطح البحر في القضاء ، والان تبدو هذه الترسبات ذات ارتفاع كبير بشكل هضاب وجبال مرتفعة . ولا يبدو أن ليونارد Leonard قد رأى ان هذا يفترض ارتفاعاً في مقاعد المتحجرات او انخفاضاً في سطح البحر . الا ان هذه المشكلة ظلت مطروحة حتى القرن الثامن عشر . اما برنارد باليسي فقد كان أكثر حذراً وفضل اعتبار المتحجرات البحرية كبقايا حيوانات مياه حلوة تولدت في المكان ذاته ، وهو لم يقل بتفسير عن طريق الطوفان ، وبحكم انه أكثر احتراماً للتوراة من ليونارد ، لم يشأ القول مثل ليونارد بأن النامس فقدوا ذكرى الزمن حين كان البحر يغطي الكثير من البلاد . وهنا أيضاً يجعل قصر التاريخية التوراتية المشكلة غير قابلة للحل تقريباً الى أن جاءت أواخر القرن الثامن عشر ، ومع ذلك فعن الملحوظ أن احداً لم يفكر (باستثناء فالوبيو Fallopio) باخضاع الطوفان الببلي للتفسير الذي قدمه ارسطو عن طوفان دوكاليون Deucalion ، الذي اعتبره

بمثابة حادث محلي . وفي النهاية ان القول بالكارثية قلما استهوى علماء عصر النهضة .

الا ان بعض المحاولات قد جرت لمعرفة كنه البقايا المتحجرة . يقرن برنارد باليسي بعض الأنواع الحالية بالبقايا المتحجرة من التوتياء البحرية وبلح البحر . ويعتبر فايو كولونا Fabio Colona ان النوا المتحجر هي اسنان القرش . وبدون أي إثبات اعتبرت العظام المتحجرة للعائلة التوراتيين أو التاريجيين . كبقايا عزاءها القرن الثامن عشر الى فيلة اوماموث mamouths . وفي سنة 1610 وسنة 1620 أثار اكتشاف بقايا عظام الملك « تيتو بوخوس Teuto bochus » نقاشاً حاداً حول هذا الموضوع . ولكن النقابة (وهي عبارة متحجرة بشكل الشباب) تظل حجر الصاعقة او « اللانكوريوم » او بول اللنكس (Lynx) او الوشق (هر كبير بري له عينان نفاذتان) المتحجر ، وغيره الكثير من المتحجرات تبقى العبابا من العباب الطبيعية . والالهام الأكثر إثارة في هذا المجال هو من غير شك الهام برنارد باليسي الذي لم يتردد بالتعرف ، بين المتحجرات على عدد كبير من الأنواع الزائلة « اسماك . . » ضاعت بذورها ولا نعرف كيف نسميها اليوم . الا ان طبيعتها لا يرقى اليها الشك ، لأن هذه الأشكال لا يمكن ان تتكون اطلاقاً الا اذا تشكلت من اشياء حية . الا ان جسنر Gesner بالذات لم يجرؤ على اعطاء تفسير بمثل هذا الشمول ، رغم انه قدم وصفاً دقيقاً للمتحجرات مقروناً بالصور . وذلك في كتابه « ريروم فوسيلوم . . 1565 Rerum Fossilum »

الينابيع والمياه الجارية : يبقى ان نعرف من أين تأتي هذه المياه التي يحول جريانها تضاريس الأرض . وقد عمل الجهل العام بقوانين الايدروستاتيك وكذلك الصفة البدائية والسحرية السرية للماء الذي يعتبر في أكثر الأحيان أم كل الأشياء ، على بقاء الأفكار القديمة جداً . من المقبول القول بأن الماء ينفجر عفواً من أعماق الأرض ، وأنه إليها يعود . ومثل هذا التفجر هو الذي يغذي برأي بيار بيلون Pierre Belon البحر الأسود الذي يتدفق باستمرار نحو البحر المتوسط . اما سكاليجر فيقدم تفسيراً فيزيائياً للظاهرة فالماء مضغوط في التجاويف الباطنية بفعل ثقل الأرض والصخور فينفجر نحو السطح ، اما مباشرة في باطن البحار واما في الينابيع والبحيرات والعيون التي يوجد بعضها في ذرى الجبال . وهكذا يعارض سكاليجر Scaliger رأي كاردان Cardan الذي يرى ان الماء هو حسيطة تنقل الهواء في باطن الأرض وعن ذلك ينتج المطر والثلج . وكان هذا هو رأي ارسطو Aristotele ويستخدمه كاردان ، مثل أرسطو ، ليفسر فيضانات النيل الدورية . فيرد سكاليجر بأنه لا توجد ثلوج في اثيوبيا .

ويبدو أن فكرة الدورة الباطنية الضخمة المنبثقة عن البحر والعائدة اليه مقبولة ومنتشرة وقد قدم عنها الأب كرشر Kircher ، في منتصف القرن السابع عشر نظاماً مثالياً في رسمة فخمة فيها تحمل فرضية النار المركزية محل الضغط الذي ابتكره سكاليجر . النار تطرد الماء الى اعالي الجبال . ولكن الصعوبة كانت في معرفة السبب الذي يجعل المياه الآتية من البحر تتدفق بشكل مياه عذبة . وقد نسي سكاليجر الانهار الباطنية التي تكلم عنها ففسر ذلك بأن الأرض تلعب دور المصفاة وتحفظ بالملح البحري . وهنا أيضاً يقدم برنارد باليسي Bernard Palissy الحل الصحيح :

يتبخّر الماء من البحر ومن الأراضي الرطبة وبشكل انواء تعود فتتزل بشكل امطار . اما الدليل على ذلك فمقبول تماماً : يعترض باليسي على فرضية مجاري المياه الباطنية التي تصعد من البحر الى النابيع فيقول ان هذه التيارات غير محتواة ضمن قناة مضبوطة وعازلة ، عندها يخرج الماء من اقرب ثقب يجذ . واذا اعترض عليه هو ايضاً بدوره بأن مياه المطر يحسب نظامه ، الآتية من البحر يجب ان تكون مالحة فيجب بمثل بحرات الملاحات : « هكذا اجد ان الأنواء المرتفعة من مياه البحار ليست مالحة . لأنه اذا كانت الشمس والهواء تشلف الماء المالح من البحر لاستحال تكوين الملح » . وكل هذا يركز على واقعية فيزيائية ملحوظة خاصة وان باليسي يكون عن الماء فكرة معقدة جداً . ونضيف ان باليسي فهم جيداً ان مياه الأمطار تترشح من خلال قشرات شفافة تسريية ثم ترسب فوق قعر صخري او صلبالي . وقد فهم ايضاً بصورة جيدة وجود المستنقع الجوفي وسبب تغير مستواه . وتلعب المياه الحارة دوراً كبيراً في العلاج الصحي في القرن السادس عشر خاصة عند الأطباء من ذوي الميول المتعصبة للكيمياء . الذين يرون ان هذه المياه تستطيع اعطاء المريض مواد مصنوعة مباشرة من قبل في مختبرات داخلية باطنية . ومن هؤلاء باراسلس Paracelse وغيره ممن لا يتمون الى مدرسته .

وكرثت الملاحظات والنظريات حول طبيعة المياه وتركيبها . ويوجد في بعض الأماكن من جبال الألب والبيغور Bigorre مياه ضارة ، تولد الغدة الدرقية . وقد أشار اليها بليتيه Peletier وباليسي Palissy وبالمقابل هناك مياه شافية ، بفضل الأجزاء التي تذيب او بفضل حرارتها ، التي يطلب البشر جميعاً ، منذ أقدم العصور . شفاء امراضهم بواسطتها .

ويرى باليسي ان هذه المياه الحارة ، « تسخن بنار باطنية من الكبريت والفحم الحجري ، والتراب والزفت » الذي تشعله ، ربما ، شرارة تنفدح عن زحف « حجر صواني » . والقار كما يقول اغريكولا Agricola ايضاً . وكان العياديون الأوائل والأيدولوجيون يطلبون من تحليل المياه (تقطير وتركيز وتبخير وهراسة وتذويب الرواسب) معرفة سر خصائصها . وهكذا تصرف غونتيه داندردناخ Gontier d'Andernach ، وكذلك تصرف ليونهارد تارنيسر Leonhardt Thurneisser في كتابه بيزون Pison سنة 1572 . وكذلك ايضاً باراسلس الذي وزع الأجسام والأمراض بحسب المبادئ الثلاثة الأولى : زئبق وكبريت وملح ثم اسند الى هذه العوامل الخصائص الحرارية المائية . أما باري Paré فهو انتقائي أكثر فميز بين الحمامات : كبريتية والمينية Alumineux وقارية ونحاسية وحديدية وروصاصية وجيسية . ومنجم الحديد هو الذي يعطي خاصيته لمياه سبا Spa . والملح المشترك هو الذي يشحذ مياه بعض الآبار في اللورين Lorraine في منطقة البيارن ، ولكن الزيوت والأملاح مثل الفيتريول والكبريتات والشب قد تجعلها مضرّة (باليسي وبلتييه) .

وعمل العلم والدعاية على انشاء مراجع لهذه النابيع الصحية بقلم ميشال سافونارول Michele Savonarole (اومنيوس ماندي بالني Omnibus mundi balneis بولونيا 1493) وبقلم ريماكلوس فوش Remaclus Fuchs من لياج (استوريا امنيوم اكواروم Historia omniun aquarum

باريس (1542) ، وجسner (بالنيز 1553 balneis) ، وفالوبو Fallopio (ترماليباس Thermalibus . . . البندقية 1564) ، ومارتان رولان Martin Ruland (ايلرياتييس 1568) Hydriatice ، واندريا باكشي Andria Bacci طبيب سيكست كانت Sixte Quint سي (ترميليري Thermislibri ، البندقية 1571) .

واخذ الزبائن يؤمنون هذه المناجع التي مهد لها الغاليون (بلومبيير Plombières ولوكتي Luxeuil) والرومان . وولدنا البير دورر Albert Dürer في اكس لاشابيل Aix - la chapelle على السابحين وهم يخرجون من البرك على اصوات الموسيقى . واجتذبت كارلسباد Carlsbad جرحى الحرب . اما الفرنسيون في القرن السادس عشر فكانوا يذهبون الى بوج، وآله الغاليين القديم للينابيع الصحية ، بورفو Borvo ما يزال يغطي برعايته بوربون دارشو مبولت وبوربون لانسى وبوربون . وفي جنوب فرنسا توجد بالاروك Balaruc وباريج Barèges . وكان هنري الثاني في نافار Henri II de Navarre قد طلب مياه أوبون Eaux - Bonnes ان تُلَئم جراحه في بافي Pavi . اما مارغريت دي نافار Marguerite de Navarre فاستحمت بمياه كوتيري Cauterets سنة 1546 - 1547 . اما منتجعات أوروبا فقد وجدت في ميشال دومونتاني Michel de Montaigne زائراً مُلِحاً إنما غائباً . أما بقية الينابيع الأخرى فليست إلا مجتنباً للفضولين . يقول بيلون ان الماء في بعض الأماكن يغور ويتحول الى حجر . من ذلك مثلاً نبع سان البر Saint-Allyre في كليرمون والذي زاره الملك شارل التاسع وقد ذكره بلفوري في كتابه المسمى كوسموغرافي أونيفرسل (1575) .

علم المعادن : ان علماءنا غير مستقرين فيما يتعلق بالحدود القائمة بين الممالك الثلاثة في الطبيعة ، ذلك ان سلم الكائنات يقدم لتردهم كل الانتقالات المرجوة . فهم قد دونوا في المرجع المعدني متوجات ذات اقراز عضوي مثل اللآلئ ورسوبات باثولوجية مثل البيوزار ، وايضاً حيوانات مجهولة ، وقد صنف كاسيوس Caesius بين الأحجار المرجان التي صنفها انسيلوس Encelius كائمار بحرية او كتبتة نجمدت . وبالنسبة الى انسيلوس ذاته يعتبر الأسفنج كائناً وسطاً نصفه حيوان ونصفه نبات . وهناك التباينات اخرى فيما يتعلق بالمجال النباتي . كالبخور والكافور اللذين يصنفهما كاسيوس من بين العصائر المحددة . اما الكهرمان الأصفر وهو نوع من البطم الخارج من الينابيع الحفية والمتجمد بفعل برودة ماء البحر والذي تقذفه الأمواج على الشاطئ . يقول بيلون Belon : « يجب ان لا نطمئن الى تسميات الأشياء المسماة من قبل العامة ، اذا لم تكن التسمية منطبقة على الأوصاف التي وضعها الأقدمون » . ولكن للأسف قد تكون هذه الأوصاف في بعض الأحيان مختصرة للغاية وتكون المصادر من اشبع ما يكون تشتتاً . وهناك مصادر اغريقية ولاتينية (وقد استمد رابليه الفرنسي معلوماته حول المعادن من بلين) وهناك مراجع عبرية وعربية مأخوذة من قانون ابن سينا او من الخيميائيين . والكل منقول ومدون في المراجع الوسيطة (المشكوك بامرهما) (عن لايبدير Lapidaire ارسطو باللاتينية وهو مزور) او في المجموعات الكبرى مثل مجموعة ايزيدور ، ومجموعة البير الكبير ومجموعة فانسان دي بوفيه Vincent de Beauvais وغيرهم . وبالتالي فان هذه المراجع فيها اخطاء كبيرة في القراءة وفي الترجمة كما فيها معانٍ متناقضة .

ان التصنيف يوقع في الابهام مع اضافة الى التسميات المتنوعة : عبرانية (سردوان من سارد أي احم)؛ وعربية (تينكار= بورات الصود؛ قديمة= كادمي، نالك= تالك)، وفارسي مُعرب (بورا، عربي بوراغ = بوراكس، لازورد = لازوليت). هذا دون الاشارة الى الاستعارات من اللغة الاغريقية اللاتينية الكلاسيكية ذات الاستلهام الأسطوري (أيتيت) والجغرافي؛ الموروفولوجي (مورفولوجيا او علم التشكل) ... حتى ان كلمة بازالت مشتقة من اللغة الحبشية.

ضمن هذه الخلائط الصوتية من السهل الضياع. واذا ظل الشراح حائرين، فان كل مستعير من الكلمات القديمة يطبقها على هواه. وكلمة بازالت، وهو اسم اطلقه اغريكولا Agricola على الصخور السوداء البركانية، المؤشورية في منطقة الساكس Saxe ربما ليس هو الاسم المأخوذ عن بلين (Pliny).

وبعد المشكلة اللغوية تطرح مشكلة التصنيف. فبعد التخلي عن التصنيف الأبجدي، في نظام الأسماء اللاتينية، عاد المعنيون الى أطر نظام المشاهدة العينية والنظام التجريبي اللذين وضعهما ارسطو Aristote و تيوفراست Théophraste : المتحجرات، المعتبرة من اصل ارضي، والمعدنية، المفترضة كذلك لأنها قابلة للذوبان، من منشأ مائي، رسيعة عاد اليها بلين الذي يميز بين المعادن والتربة والأحجار والجوهر. واستعمل انسلوس Encelius التقسيمات الفرعية المشابهة، وكذلك اغريكولا الذي ميز بين متحجرات ومعادن. والمتحجرات تارة تكون غير متبلرة، لا شكل لها، سهلة التفتت وغير متماسكة (التراب)، ومرة متماسكة (كالصخور)، اما ضخمة او مركزة (كالعروق والعقد)، وطوراً متجمدة (متبلورة) او شفافة الى حد ما (اشباه المعادن، هياطين، والجواهر). يضاف اليها الكبريت والأملاح.

1 - التراب: يقول باليسي Palissy ان المحصولات المسماة «تربة» هي مواد لا يمكن ان تتبخر أو تتسامى بفعل النار. ان هذه الكلمة تشمل قشرات غير متبلرة ومبتذلة، اما منقولة، او طرية قابلة للحرج كالطبشور او لزجة مثل الفخار والصلصال الأبيض، ولكن هناك وصلالات اخرى، رملية وخزفية وشاربة مبتلعة، هذا دون ذكر تربة لنوس Lemnos المسماة بالمدفوعة، والتي تعتبر ترياقيّة، ثم التربة القابضة المسكة في ساموس Samos وشيو Chio، والتربة الذروية Cimolée في جزيرة كريت، ثم التربة اللزجة ampélitude التجميلية والقائلة لدود العرائش.

2 - الصخور الضخمة: الصخور (ساكس، أنسلوس)، اما ان تكون ورقية (الشيست)، أو رملية (مثل الغريس، ساندريستين، أنسلوس)، أو متماسكة كثيفة، ولكن احياناً متعددة الصفائح (ويشير اغريكولا الى الأعمدة الباليستيكية في ميسي)، أو زجاجية (الصوان، ساكسوم، كارتونوم هورنستين عند أنسلوس).

3 - العروق والسلاسل الصخرية: ان العناصر المعدنية المختلفة : طبقات وعروق وسلاسل وخلائط او متبلرة، تعزى، برأي اغريكولا، الى امتلاء الحفر القديمة، المفتوحة بفعل تقبب الجبال او

الاندفاعات والهواطل الفيزيائية : كما يفهمها بلين وتيوفراست ، والتبخرات الحارة والناشفة ، أو مستحذثة كما يقول بللو Belleau « بجفاف رطب ، ورطوبة جافة ، مطبوخة تكررراً بالحرارة أو مجمدة بالبرد » .

وابتات السبيل الرطب اللزج يقدمه لنا « انهيدر » (enhydre) الأقدمين وأغريكولا، و«الحجر الباكي» لبللو. ويشدد باليسي على العنصر الأخير (التلزوج ، التخرثر ، التجمد) ويذكر « المياه التجمدية » التي تندفع وتيسس المواد التي كانت ذائبة في الأساس ، وهذا هو حال بلور الصخور وغيرها من الحجارة الشفافة ، كما ان الماء ينقلب الى جليد بفعل التجليد .

ومن بلور الصخر يذكر أنسلوس Encelius ، . المشورات ذات السطوح الثلاثة او الستة . ويذكر باليسي Palissy مربع الزوايا والاهرام والمثلث ، وقد رأى على اردواز الأردنين البيريت (كبريت الحديد) والماركاسيت اللماع بشكل كشتبان أو بشكل مربع » ، وفي مقالغ مونارتر كان الجفصين يتشقق الى صفائح « رقيقة كصفائح الورق ، . . . وبصفاء الزجاج » . ولكن أحدا لم يفكر أن يحدد نوعية هذه البلورات جيومترياً .

4- الأملح : ان التمييز النوعي صعب كما سنرى . نذكر ان كلورير الصوديوم معروف منذ القديم بشكلين : الملح البحري وملح المناجم مثل مناجم بولونيا ، بالزبورغ وستاسفورت . وقد تكلم عنه أغريكولا وباليسي كثيراً .

أما « النطرون » فهو اسم مبهم عند القدماء . ويدل عند بلين Pline على اوكسيدات ملحية مركبة ومعقدة نوعاً ما ، وفيه يسيطر كربونات الصود ، وينطبق ، كما يقبول أغريكولا Agricola والدروفاندي Aldrovandi على الأملح المترسبة في مغاورنا (نترات البوتاس) . وينطبق بيلون Belon اسم النتر على النطرون (كاربونات الصود) وقد شاهد فورانه وتزهره بين القاهرة والقدس . وتمشياً مع الأقدمين يخلط أغريكولا النطرون مع البوراكس (تنكر ابن سينا ، كزيزوسيل «وكتورم») .

5- الجمامات Les Gemmes : الكتابات عن الجمامات كثيرة . ولكن تحديد ماهياتها يبدو أحياناً صعباً . وقد أخذ رابليه Rabelais عن بلين عن المجوهرات التي كانت تتزيها بهارهابت تلميت . وعن فضيلتهن نظم ماربود Marbode شعراً في القرن 11 . كما أن جيل كوروزت Gilles Corrozet يذكرهن في « بلازون دومستيك » (1539) ، وجان لاتاي Jean de La Taille في « بلازون دي بيار برسيوز » (واجهة الأحجار الكريمة) (1572) ، ورعي بللو Remy Belleau في قصيدته « أمور وإيشانج دي بيار برسيوز » « حب وتبادل الأحجار الكريمة » (1576) . هذه الفضائل الكامنة لم تكن موضع شك . ويؤكد كامبيللا Campanella ان المرجان (الأحمر) يتغير لونه فوق جلد محموم ، ويضيف بللو ، ان الفيروز (الأزرق) يتغير لونه ويشحب فوق جسد مريض .

6- المعادن وهندستها : اشرنا الى الدور المسند الى الكواكب في «هندسة المعادن» «métallogénie»، والمؤكد «بالتسمية الحروفية الخيمائية» التي تعزو الذهب الى الشمس ، والفضة

الى القمر والرصاص الأبيض (القصدير) إلى (جويتر) المشتري والرصاص الأسود الى زحل والنحاس الى (فينوس) الزهرة، والحديد الى (مارس) المريخ، والفضة الحية (الزئبق) الى عطارد مكرر. ثم انه يجب التمييز والتفريق. فقد وزع باراسلس ودوشن Duchesne المعادن الى طبقتين: الكاملة مثل الذهب والفضة، والناقصة كالحديد والنحاس والرصاص والقصدير واليها اضاف باليبي الانتيومان اذ يعتبره « بداية الرصاص والفضة ». وهذان هما، بحسب اقوال الخيميائيين، مشوهان بمزيج من الكبريت والزئبق ونسب تنوع بتنوع الأجناس، والتي يجب ابعاد الكبريت عنها حتى يعود لها كمالها.

ويرد ج. اوبرت J. Aubert بأنه لا توجد معادن كاملة او غير كاملة. فكل معدن يتوفر له شكله او كماله الأول يعتبر كاملاً في ذاته وهو يحتل غطاءً جوهرياً اراده الله له وليس لأحد ان يغيره.

هذه الحجج المدرسية لم تقنع لادوشن Duchesne ولا هوتمان Hotman، في حين استمر أغريكولا في الشك بإمكانات الكريزوبية (Chrysopée). وهكذا نجد انفسنا مرتدين الى العقلانية الأرسطية، التي زكاهما البير الكبير Albert le Grand وتوما الأكويني Thomas d'Aquin، فسعت الى اعادة تشكيل الكون في المجرى مهمة فقط بالكيانات الفيزيائية والميكانيكية في المستوى الطبيعي: المتلئ والفارغ، الحركة والسكون، الصفات الأربع (الحار والبارد والرطب والجاف) المردودة الى العناصر المكونة للعالم المادي: النار، الحر، الجفاف؛ الماء: بارد ورطب؛ الهواء: حار ورطب؛ والأرض باردة ونلشفة. وبحسب أرسطو، تتولد المعادن من الأرض بفعل التبخرات الجافة والرطبة، تحت تأثير الحركة ونور السماء. الا ان البير الكبير ينكر تماماً فعل البرد. ولكن ج. اوبري يعلن ان السبب الأقرب هو اما الحرارة او البرودة. والحرارة الباطنية تخرج أبخرة معدنية خاصة تتجمع في القسوخ تحت تأثير البرد والزمن، بشكل غثلط يأخذ بالكثف تدريجياً، وتنصفي وتركز أخيراً كمعدن.

لم يكن كل شيء خيالياً في هذا الكلام، فأصحابه كانوا يفسرون الظواهر الفيزيائية والكيميائية بلغة وبلعنة تجربتهم المتلمسة. أما الأرواح عندهم فلم تكن غير الأبخرة المعدنية للنظام الغازي المتصاعد من البراكين، أو أبخرة المياه المحيطية. قال ليبنتز Leibniz « ان جيل أشباه المعادن توضحه الكيمياء » في كتابه، بروتجي Protégée. ولكن الكيمياء يومها لم تكن إلا في بداياتها. أما فضيلة العصا الدلالة، والتي ما يزال المفتشون عن الماء يستعملونها في أيامنا، فربما توافقت مع علم مسبق يومئذنا الاستكشافية الجيوفيزيائية. ان القوى الخفية في الطبيعة والتي كانت غير مفسرة، ألم تعبر عن نفسها بعناد البوصلة في الاشارة الى الشمال، وبالجذب الذي يجذبه الغناطيس في الحديد، وفي الكهرمان والعنبر المحكوكين على الجاف وفي القش؟

التقنيات المنجمية والزراعية - أدى استثمار المقالع والمناجم الى ازدهار أدب كامل تقني

وتعديني: في إيطاليا، صدر كتاب بيرونكنيكا (Pirotechnica) لمؤلفه فانوكيوبيرنغوشيو Vannocio (Biringuccio من «سينا» (1540).

في اسبانيا كُتِب د. بيريز دو فارغا (Perez de Varga De re metallica) 1569 ، دو فيلافينا (1572) في ألمانيا : كُتِب ليافيوس (Libavius) ، وويرز (Weiner) وماتيزيوس (Mathesius) ، المشوبة بالخمياء ؛ وكُتِب انسليوس (Encelius) (ري متاليكا) (1551) ، وكتاب لازاريوس اركر (Ercker) (1573) ، الذي اهتم بالتعدين وبالتحليل الكيميائي لاشباه المعادن . ولكن المعلم الكبير هو اغريكولا ، صاحب الكتاب العملي أولاً ، الدال على فن اكتشاف وسبر وقياس القشرات المعدنية (وهو يقول باستعمال البوصلة ، ولكنه شك في قدرة الشعبة أو العصا الاستكشافية) . ولكن هذه الكتب ، الأكثر تخصصاً من مجموعات جسر (Gesner) أو الدروفاندي (Aldrovandi) ، اغا باللاتينية ، موجهة للتقنيين . ويجب أيضاً الالتفات الى المقاولين البسطاء الذين كانوا بحاجة الى كتب أسهل تناولاً مكتوبة بلغتهم الوطنية . وهنا يذكر « البرغبوكلين » (Bergbuchleiu) لأوغسبورغ (1505) ، المؤلف في فريبرغ من قبل أولريخ فون كالب (Ulrich von Kalbe) (كالبوس) . وهناك ترجمة أولى لكتاب (ري ميتاليكا) لأغريكولا ، ظهرت في بال سنة 1557 . أما باليسي ، فقدم بالفرنسية ، ولسبب يديهي ، نتائج أعماله ، « كعامل في الأرض » و« كمخترع خزفيات ريفية » .

وفي أغلب الاحيان كانت المجاعة ، المنبثقة عن الحروب وعن عوامل الطبيعة ، تفاقم هم الخبز اليومي . وعكف مجدود علم الزراعة ، مع اوليفي دي سر (Olivier de Serres) على « العناية بالحقول » . فميزوا ، مثل ش. اتيان وج ليبولت (G.Liébault et Ch.Estienne) ، بين أنواع الاراضي الصالحة لمختلف الزراعات ، وفتشوا عن الوسائل لتحسين الانتاجية . وبانتظار الاستصلاح بالكلس ، كانوا يمارسون التريب الذي قال به باليسي واوليفي دي سر .

علم غير أكيد - ان علوم الارض ، كانت موزعة بين البحوث العامة حول نظام العالم ، وبين الطب والكيمياء ، وفن التعدين والزراعة ، ولهذا لم تستطع اكتشاف هدفها ولا أساليبها . ان كل تراث ، يقدم عاداته الفكرية ، والاجماع يتم بسهولة اكبر في المعتقدات غير المعقولة اكثر مما يتم من خلال المعارف الوضعية . وليس بعيداً عهد أمثال كوبولتس (Kobolts) ونيكلس (Nickles) ، الشياطين المألوفة في المناجم ، والتي يبدو ان اغريكولا قد قبل بوجودها ، ولا القول بوجود قوى خفية تعمل في المختبرات الباطنية في الطبيعة . والواقع انه وراء التيارات الرئيسية التي تصادم : أرسطية وكيميائية وفيزيائية ، ثم الاتفاق من اجل البحث عن الاسباب القائمة : فبالنسبة الى كل علماء القرن السادس عشر ، كانت الطبيعة دائماً هي الابداع . وهذه القناعة اتاحت التوصل الى ملاحظات عظيمة خاصة في مجال الظواهرات الفيزيائية . فبعد النظريات حول نشأة الكون (كوسموغوني) التي سادت في القرن السابع عشر ، وحتى بعد انجازات ستون Sténon ، اكتشف علماء القرن 18 باندهاش المؤلفات المنسية لبرنارد باليسي Bernard Palissy .

الفصل الثاني : الكيمياء

I - التطبيق والنظرية المورثان عن القرون الوسطى

لقد جذبت اللغة البسيطة في كتب الخيمياء ، كثيراً فضول المؤرخين أكثر مما جذبهم المضمون التقني لهذه النصوص . وعلى هذا فالكيمياء من القرون الاولى ظلت في نظر الكثيرين العلم السباجيري للكتاب الصوفيين . وتكون عنها جدول من التصورات الغامضة البعيدة كل البعد عن الظواهر المحددة التي ولدتها . وتجمدت نظرية العناصر الاساسية ونظرية المبادئ النوعية امام خرافة التطور الاستكمالي للمعادن . وغزرت المعجمية الرمزية على حساب تحليل دقيق للمعارف الكيميائية الحقة في ذلك الزمن .

لا شك أنه لا يجدر بنا أن نلغي من تاريخ الكيمياء هذا النزوع الصوفي الروحاني الذي عاش في ظله كيميائيو القرن الخامس عشر والسادس عشر . وتأثير هذه النزعة بدا محسوس الموطأة حتى أواخر القرن الثامن عشر . ولكن ومن اجل الحصول على فكرة أكثر وضوحاً عن كيفية صيرورة الكيمياء علماً حقيقياً ، من اللازم ان نحاول تحديد ماهية المعارف المعينة في كل حقبة . والرسمه التي يمكن أن نضعها عن الكيمياء في منتصف القرن الخامس عشر لا تختلف كثيراً عن رسمه القرون الوسطى لان هذه المعارف ظلت تقريباً جامدة .

اكتساب المعارف عن طريق الممارسة والتطبيق - بخلاف رأي عام مقبول ، لم يكن الخيميائيون العقائديون هم الذين وضعوا الاسس الاولى للكيمياء بل التطبيقيون .

ومهما صعدا في الزمن فلا يمكننا أن نجد حقبة لم تملك تطبيقاً راسخاً لمختلف الاساليب التقليدية .. لا شك أن أول تفاعل كيميائي استحدث اصطلاحاً من قبل الناس كان التأكسد ، والثاني تحويل الاوكسيد المعدني . الا ان العديد من عمليات معالجة الاجسام العضوية كان معروفاً مثل تخمير الحليب او المستخرجات النباتية ، ومثل اعداد الخل واستعماله .

وعلى هذا ، وقبل بدء الحقبة التاريخية بزمان بعيد ، كانت هناك تطبيقات بدائية لصناعة كيميائية ، موجودة . وما زالت هذه التطبيقات تتطور ، في العدد اولاً . فقد كانت التخميرات تستعمل من اجل

اعداد الاطعمة والاشربة وكان الإفساد والتعفن يساعد على استكمال تعرية جلود الحيوانات ، وفيها بعد ساعد التعفن على تعطيل الخيوط النسيجية من اجل الحصول على احد اقدم المركبات الكيميائية المعروفة وهو ملح الامونيak . وكانت المعالجات التي أدت ، على مهل الى وضع وسائل الكيمياء العضوية قد استعملت في بادئ الامر لاستخراج الملونات والعطورات النباتية

لا شك أن تشكيلة الملونات قد تكونت ، قبل استخدام المنتجات النباتية ، بفضل مواد شبه معدنية اخذت من الارض . إذ حتى في أيام الانسان النياندرتالي كانت كتل اوكسيد المغنازيت قد استخرجت من مواطنها وحُفَّت من أجل الحصول على مادة ملونة . وقد عثر لعلماء الآثار ايضاً على هياكل بشرية ملونة بالاحمر تعود الى عصر السولوتريان والى عصر المكدينيان مما يدل أنه منذ عصر الرنة كان استعمال الملونات شبه المعدنية معروفاً . وقد استخدمت كل هذه السلع من قبل الفنانين الذين زينوا جدران المغاور واستعملت ايضاً من قبل الصناع الذين اخذوا بعد ذلك بقليل يصبغون نسيج الالبسة . وبمقدار ما ترسخت صناعة النسيج على سطح العالم المسكون ، نعلم الناس على تعيين ثم على اخذ التربة الملونة من ارضهم ، أي أنهم اخترعوا الوسائل الاولى لفصل المركبات الطبيعية . وامتدت معارفهم ايضاً الى منتجات خارج بلدتهم مثل حجر الشب الذي أصبح موضوع تجارة ناشطة . وربما كانت تجارة الملونات النباتية وشبه المعدنية ومشتقاتها هي التي ساعدت أكثر من غيرها على توحيد المعارف الكيميائية لدى مختلف مجموعات السكان .

وأدت صناعات النار ، التعدين من جهة ، والسيراميك من جهة أخرى الى دراسة تركيبة اشباه المعادن والارض . ونتج عن ذلك أن المواد الاولى قد انتشرت بشكل واسع فوق سطح الارض ولم تكن القيمة التجارية لاغلب هذه المواد تكفي لتغطية نفقات النقل البعيد . فترية القصدير والزنك التي كانت مناجمها معروفة ومحددة كانت وحدها تشكل منذ العصور القديمة موضوع تجارة مهمة ، ومعها انتشرت في العالم المعتمدن كبريتات الانتيومان والزرنيخ التي ذاع صيتها بسرعة .

وكانت كبريتات المعادن من بين كل المركبات شبه المعدنية الأكثر استخداماً ودرساً حتى يمكن القول انه حتى القرن الخامس عشر كان علم الكيمياء بصورة اساسية كيمياء كبريتية .

نقل المعارف - كانت الكبريتات والاكسيد والسلفات المعدنية وبعض الاملاح القلوية والكربونات والكلورورونيتات هي الاجسام التي تعلم بها البشر بدايات الكيمياء . وتكون عبر العديد من أجيال الصناع والشغيلة تراث سرعان ما انتقل شفويّاً ، ثم ثبت كتابةً ربما في مطالع القرون الاولى من عصرنا . ووصلت النصوص ، التي اضاف اليها الشراح والجامعون والمترجمون ، الى معارف العالم الغربي ابتداءً من القرن الرابع عشر . واغلب هذه الكتب هي معالجات تقنية حول الصباغ والصياغة . وكلها تقريباً محكومة بالفكر الخيميائي حتى ولو لم تكتب باللغة الباطنية التي هي واجهة الخيمياء الصلبة . ولا تتدخل اللغة الرمزية الا في وصفات الاعمال الكبرى . وما عداها توصف الوسائل العادية للصباغة مثلاً بلغة عادية . الا ان اسلوب هذه الكتب يدهش القارئ غير الواعي

ويضلله. فالتعبير غامض بالطبع. وإذا كان المؤلف موزعاً بين الرغبة بالظهور بمظهر العالم، والخشية من افشاء اسرار تقنيته، فانه يبقى رغم ذلك اقل ضيقاً من الخيميائي الذي يحاول ان يغطي جهله بالاسرار الاسطورية وبلغة غامضة مقصودة.

ومن المفيد ان نشير الى ان استعمال الاشارات الخيمائية قلما ذهب الى ابعد من القرن الخامس عشر وانه لم ينتشر ويشيع الا على يد الكيميائيين من القرن السادس عشر الذين كتبوا باللاتينية. كان الاغريق قد استعملوا بعض اشارات مأخوذة عن الكواكب للتدليل على المعادن، الا ان العرب تركوا هذا الاسلوب الذي عاد وظهر بصورة تدريجية في مخطوطات القرن الثالث عشر والرابع عشر باللاتينية.

تدخل الخيميائيين - ما كانت الاحتياجات التقنية للصباغة وللتعدين، تكفي وحدها لجعل المعارف المكتسبة حتى القرن الخامس عشر، مجعلاً مهماً. فهذه الاحتياجات، لم تكن تقتضي الا عنداً محدداً من الوسائل التي لم يعمل التطور البطيء والعام للصناعة على اكمالها أو تكاثرها. واستخدام الكبريتات والاكسيد المعدني لمعالجة المعادن لم يكن ليشير الملاحظات الكثيرة حول خصائص المركبات وتفاعلاتها المتبادلة. واعداد الملونات لم يكن يحمل على التجربة العميقة التي تتجاوز عمليات الاستخراج والطحن والتركيز فيما يتعلق بالملونات النباتية. وربما أدى استعمال الأكاليت الى العمل على مراقبة خصائص الشب. وهذا الاستعمال جعل المعالجة بالفيتريول مألوفة وجرت الى استحضار الحوامض حوالي القرن الـ12 أو القرن الـ14.

وفي الواقع اذا كانت معرفة الاجسام وتفاعلاتها قد نمت في اواخر الحقبة الوسيطة فذاك لان الخيميائيين استهدفوا مقاصد أخرى غير صناعة الملونات والمعادن. انما يجدر أيضاً أن لا يعطى الحلم التقليدي في تحويل المعادن الوضعية الى ذهب تأثيراً بالغاً في عملية التنمية هذه. فالفلسفة الصوفية الروحانية حول المادة التي ترافق وصفات حجر الفلاسفة بدت متطورة خصوصاً في حقبة كانت فيها الخيمياء التقليدية قد تخلفت. وفي الواقع لم تلعب هذه الفلسفة اي دور تاريخي في صنع علم الكيمياء.

المذهبيون والصباغة - لقد كانت اكثر اهمية بكثير الاساليب الحرفية لدى المذهبيين والصباغة، اساليب تشكل جوهر الوصفات الخيمائية. فقد لعب الذهب ومزاجه دوراً عالي القيمة منذ أقدم العصور. كما دلت اسماء كثيرة على المزائج الذهبية والقضية التي كان تحضيرها مدوناً في المجاميع التي وضعها مؤلفون في القرون الوسطى. وتدل هذه الوصفات على أن هدف هذه العمليات لم يكن تحويل هذه المعادن الى ذهب، بل اعطاء المزيج المعدني المحروم من الذهب، او الذي فيه معيار قليل منه، مظهر المعدن الثمين وذلك باستعمال النحاس والكبريتات الزرنيخية والاكسيدات الملونة.

وفي مطلع العهد الاسكندري عرف الكيميائيون والصباغة عدة اساليب لتحليل الخلائط او المزائج الذهبية والمعادن المختلفة مثل الفضة والنحاس والرصاص. وكانت التقنية تُقرن باستعمال

الكبريت ، والسولفورات المعدنية والاملاح المتنوعة . والى هذا التاريخ تعود ايضاً الطرق الاولى لثمويه الذهب . وسرعان ما طورت هذه الطرق ، وفي حوالي القرن السادس من عصرنا كانت مجموعة الوصفات التي قرأها الكيميائيون من جيل باراسلس (Paracelse) ، مكتملة ، وكانت المواد الحاصلة في أغلب الاحيان من سولفورات الزرنيخ ، وكانت تسميتها « تذهب » أو « تلوين بالذهب » تدل على باغث الاهتمام بها .

كيمياء التذهب - كانت مركبات الزرنيخ قد وضعت يسر في صميم هذه الكيمياء التذهيبية ، بفضل عدم استقرارها الذي يجعلها سهلة التفكيك ، سهلة الاعداد ، فضلاً عن تنوع مظهرها بحسب ظروف تحضيرها . وكانت تعرف باسماء متنوعة ، فالى جانب « التذهب » كانت التعبيرات الأكثر تداولاً : الزرنيخ الاحمر ، والسندراك = (صمغ السندروس) ، والزعفران ، كلها تدل على سولفور اصفر أو احمر منه يستخرج الزرنيخ المعدني . ومنذ القرن الخامس كانت مستحضرات الاسكدة بالزرنيخ معروفة . وكانت كلمة زرنيخ بالذات تدل على مستحضرات التحميض ، وعلى اوكسيدات الزرنيخ واملاحه . اما الزرنيخ المعدني ، فقد كان يعتبر ، حتى في عصر قريب نسبياً ، « زئبقاً » .

هذا التقريب يجب ان لا يؤول ، فقط وكأنه ليس بين الجسمين . فبعض الاجسام قد شُبِّهت بغيرها الى الحين الذي تم فيه عزلها وتحديد ماهيتها بشكل نهائي . وهذا هو حال الانتيومان الذي لم تتحدد ماهيته الا في اواخر القرن 14 . أما الزرنيخ والزئبق ، فقد تم التمييز بينهما باكراً . وتمت تسمية احدهما بالآخر ، بسبب ما بينهما من خصائص مشتركة ، وبصورة خاصة ، تفككية المركبات الكبريتية او المؤكسجة من الجسمين ، وسوف نعود الى هذه النقطة . ورغم هذه الغموض في التعبيرات فان كيميائي ذلك العصر كانوا يعرفون تماماً مع أي جسم يتعاملون . فقد كان التعامل بدلهم بوضوح .

وقد لعب « الزئبق » - وهو المعدن الذي نسميه بهذا الاسم اليوم - دوراً كبيراً في كل كيمياء تلوينية . فقد كان معروفاً منذ العصور الرومانية ، بشكله الاول او بحالة تربة كبريتية . هذه التربة ، السهلة التحويل ، ساعدت على اعداد الزئبق المعدني ، الذي أصبح صناعة مجدية . ومنذ القرن الخامس من عصرنا ، كان بالامكان اعداد « الاحمر الزئبقي » اصطناعياً - المسمى « بالقرمز » منذ تلك الحقبة - انطلاقاً من المعدن والكبريت . وقد استعمل اسم الاحمر الزئبقي (سينابر) واسم « مينيم » ، في غطوطات القرون الوسطى ، للدلالة على المركبات المعدنية ، والسولفور او الاوكسيد ، ولكن في اغلب الوقت كان من الممكن التعرف على كبريتات الزئبق .

ويُفهم من هذا كيف ان تحويلات الزئبق بدت ، للمراقبين الاولين ، وكأنها مفتاح بعض اسرار الطبيعة . فالتربة اذا حرقت افزرت المعدن الذي يتقطر . وبالعكس ، يتصاعد السينابر من خليط من الكبريت والزئبق بمجرد التسخين . ويتم الانتقال بهذا من مادة معدنية الى مركب احمر بمجرد التسخين المعتدل الطويل المدة . ويعمل التأكد على كشف المعدن من جديد عن طريق التكلس . وقد أثارت

هذه التحولات ، تفسيرات بديعة حول طبيعة المعادن واوحت بوسائل تمكن من اعطائها الخصائص المرغوب باعطائها اياها . هذه الظاهرات التي كان من المفترض ان تستلقت انتباه الكيميائيين ، قد كشفت لهم ، من غير شك ، لا من قبل الكيميائيين ، بل من قبل مبتغي المواد الملونة التي ما انفكت صناعتها تتطور .

تقنيات المزخرفين - في القرون الوسطى بحث الملونون والمزخرفون عن مواد تعطي الواناً جميلة ، وخاصة اللونين الازرق والذهبي نابتين . وكانت الحجارة المكونة من خليط من الالومينوم والسيليكات والصودا وسلفور الصودا ، والمعروفة عالمياً باسم لايس لازولي ، كانت تستخرج من فارس ثم من الصين . ولم يكن اعداد الازرق البحري بواسطة هذا الحجر معروفاً باوروبا الا في مطلع القرن الخامس عشر .

كانت هناك الوان زرقاء اخرى من السيليكات مثل الازرق المصري الذي كان يصنع في ايطاليا منذ عشرات القرون ، او من السمالتس المكون من الكوبالت الذي تكلم عنه سينيوسيني Cennino cennini في النصف الاول من القرن الخامس عشر والذي كان يستخرج من ألمانيا أو من بلاد سيبان أو تستخرج من مركبات النحاس

وتدخل أملاح النحاس في عدد كبير من الوصفات التذهيبية . وكان نحاس هذه المركبات ينقل بواسطة معادن اخرى تشتق من السلفور غير المستقر مثل ذلك عندما يسخن المزيج . وبهذه الطريقة أو غيرها من أشباهها كان يمكن اظهار لون اصفر أحمر يعزى الى تكون الذهب . وربما تم هذا التمويه من قبل صناع قليلي الوجدان لزبائن بسطاء . ان الملتصقات المذهبة فوق اجمل المنمنمات هي رقائق ناعمة من الذهب تلصق فوق رقائق بعد تجهيز خاص أساسه الغراء أو البيض . وكانت وصفات هذه الاصماغ تكثر في المخطوطات الوسيطة وفي كتب القرن 14 والقرن 15 ، وكانت تتجاوز مع وصفات الزينات الذهبية التي كان يستعملها النساخ والرسامون والصباغة من أجل صنع اشياء ذات قيمة متدنية ، حيث كانت اوراق الذهب تستبدل باوراق من القصدير مدهونة بدهان من كبريتات الزرنيخ . ولم يكن الغش بعيداً عن هذا التصرف الذي سرعان ما تطور . وليس من الباطل الظن بان الخيمياء قد تولدت في معظمها عن هذه الاجراءات .

الملونات شبه المعدنية والملونات النباتية - استعمل الملونون والمزبنون ، اضافة الى الالوان الزرقاء الطبيعية ، والالوان الذهبية الطبيعية ، ملونات اخرى شبه معدنية . فكانت الاصباغ الحمراء تأخذ من تربة ملونة بأكسيد الحديد أو من بور فير سينييني Porphyre de Cennini واغريكسولا Agricola والتي سميت فيما بعد باسم احمر فانديك (Van Dyck) . أما الاصباغ المسماة ايمانيت للدلالة على الملونات العادية فكانت قديمة جداً . والصلصال الاصفر هو ارض دلغامية تتضمن أكسيد الحديد . وتربة منطقة سيبان هي صلصال ممزوج ببوكسيد المتغافيز . أما الاخضر الملاشي فهو هيدروكربونات النحاس . والاخضر اللازوردي ، الذي ذكره أيضاً سينييني هو تربة الكوبالت مخلوطة باملاح النحاس

والحديد والزنك . أما أبيض سان جان المشهور في اواخر القرون الوسطى فهو كربونات الكلس النقية المنشفة بالشمس . أما بياض الرصاص أو السروز (اسبيدج) فقد وردت وصفة إعداده في مخطوط اشوري وهي تشبه وصفة أعداده حتى ايامنا هذه ؛ وذلك بتعريض لوائح الرصاص الى بخار الخل في اوعية محاطة بالدخان .

وتبدو لائحة الملونات المستخرجة من النباتات طويلة مثل لائحة الملونات شبه المعدنية . والمستخرجات من قشور الاشجار مثل الجوز أو الدردار وخشب البرازيل المعروف من قبل سينيي ، وجوز العفص ، وأصماغ الصنوبر والسورور والأرز ، والصمغ الأحمر المعروف منذ عشرات القرون باسم دم التين ، وأصماغ الكرز واللوز وصمغ اللك ، هذه اللائحة تتضمن مستخرجات النباتات المستعملة قديماً مثل الزعفران والنيل (الانديغو) المستوردين من البلاد الشرقية . والقوة التي بنت زراعتها في غالبية الفرنكية منذ القرون الخامس ، والباستل (العظم) الذي كان يزرع بغزارة في بيكارديا ولاغذوخ منذ القرن الثاني عشر .

أما أفضل الالوان السوداء فكانت تحضر من الفحم الطري بمختلف الاماليب : سواد دخان الزيت الكتاني لاعداد الحبر . وسواد افران الزجاج للصباغ ، وفحم الخشب السمراتني للسودات الخفيفة .

الاجسام النبيلة في الكيمياء : المعادن - ان صناعة التعدين هي من أقدم الصناعات الكيميائية . والعديد من الكلمات تدل على اشباه المعادن وعلى الاكسيد والسلفور المعدنيين ، وبعض العمليات التعدينية كان لها في اواخر القرون الوسطى تاريخ طويل . وقد شكلت المعادن اول مجموعة من الاجسام الكيميائية باعتبارها طبقة خاصة ، وربما قياماً على ذلك قامت مجموعات تتميز عن غيرها . وهكذا ظهرت نواة التصنيف المنهجي الاولى .

اعتبرت المعادن دائماً الاجسام الانبل في الكيمياء . فمنذ العصور الاغريقية ، كان هناك سبعة اعطيت اساء الكواكب . فبعد المعدنين الكاملين الذهب والفضة اللذين احتفظا بهيتهما حتى اواخر القرن الثامن عشر ياتي الحديد والزنك والقصدير والنحاس والرصاص .

اما الزنك وان لم يعرف بوضوح فقد عرف منذ زمن بعيد . وكان يستعمل بشكل اوكسيد طبيعي او اصطناعي ، باسم كادمي أو كلامين . واهم هذه الاستعمالات كان اعداد الشبهان . ويبدو انه قد عزل وحضر بشكله المعدني . وظل لمدة طويلة يعتبر حالة خاصة من معدن آخر ، وكان في اغلب الاحيان يعرف باسم الفضة الكاذبة ، اما اسمه الحديث فقد اعطى له من قبل باراسيلس Paracelse .

أما الانتيموان وكبريته يسمى ستيين فكان معروفاً من أبقراط وكان يستعمل من قبل الاقدمين كمادة مثبتة ، وقد تميز بوضوح واستقلالاً انطلاقاً من القرن السادس عشر . وأول وصف لهذا الجسم يعزى الى باسيل فالنتين (Basile valentin) ويعود تاريخه ، خطأ بدون شك ، الى أواخر القرن الخامس

عشر. وهذا المؤلف المفترض يصف أهم مركبات الانتيومان. وهو يتكلم عن المعدن تحت اسم «حثة» الانتيومان، كجسم معروف قبله. أما البزموت فقد بُدِئَ بتحديد ماهيته في نفس الحقبة تقريباً. وقد وصفه فالتين واغريكولا (Agricola). ولكن نتيومان، والبزموت ظلّا لفترة يلتبس بينهما وبين الرصاص أو القصدير أو اللاتين. وفي النصف الثاني من القرن السابع عشر صُنِفَا في فئة نصف المعادن مع الزنك، والزرنيخ (الارسينك) الذي لم تحدد ماهيته الا في مطلع القرن الثامن عشر.

كيمياء الاملاح - قبل الحصول على كل هذه المعارف كانت كل الاجسام تصنف، الى جانب المعادن، ومتناقضة معها، في مجموعة الاملاح. وهذه الفئة الواسعة، غير المحددة تماماً كانت تتضمن المركبات المعروفة يومئذ والتي نعرفها نحن باسم الاملاح مثل الاسبيدج (سيروز)، والجنزار، والاملاح القلوية والاملاح الكلسية والمركبات الزرنيخية، وكذلك الاكسيدات والسلفورات واخيراً عدد كبير من المركبات الطبيعية. ومن بين هذه المركبات الطبيعية كان بعضها يحمل تسميات عامة مثل الألوانات والفيتريول والبوراكس.

وكلمة بوراكس كانت تطلق على المركبات القلوية. والملح العام كان معروفاً منذ أقدم العصور تحت اسم ملح بحري وملح منجمي، وكذلك كاربونات وسلفات الصودا والتي احياناً تسمى الناترون أو نترات البوتاس أو السلباتر المستعمل في اعداد النار اليونانية في القرن السابع. وكانت كاربونات البوتاس تستخرج معاً بغسيل رماد الخشب، أما كربونات الصودا فكانت تستخرج من رماد النباتات البحرية، وأما ملح الأمونياك فكان يستعمل لتحضير كلورور الكالسيوم من الكلس. اما الكلس الحي فكان يستخدم لاعداد البوتاس. وهناك وصفات تعود الى القرن العاشر من اجل اعداد وتحضير الصابون بواسطة القلي الكاوي.

وكان البوراكس معروفاً وكان استعمال اسمه يدل تماماً على انه كان قريباً من الاملاح الكاوية وكلمة بوراكس كانت تستعمل ايضاً للدلالة على هري المعادن.

اكتشاف الآسيد - كانت المواد الالونية والفيتريول تبدو منذ عدة قرون كمجموعة من الاجسام الوسيطة بين الاملاح والآسيد. ولم تكن هذه الاخيرة قد بدأت تعرف بوضوح الا في القرن السادس عشر. واتاح استعمال السلفات الطبيعية للكيميائيين وبصورة تدريجية، الاشتباه بوجود الاجسام الاسيدية، ثم اكتشاف وسيلة عزلها. وهكذا نفهم السبب في تمييز الألوانات والفيتريول من الاملاح العادية، كما سبق ومنذ زمن طويل تمييز الزئبق والكبريت ونفهم أيضاً كيف أن الكيميائيين قد اضطروا الى جعلها بمجموعة خاصة مفترضين، انما بدون يقين مستند الى التحليل، وجود تشابه تركيبي فيما بينها.

لقد سبق وحضر الآسيد النيتري في القرون الوسطى بواسطة تكليس السالتر او بعد معالجة السالتر بالفيتريول تحت وطأة الحرارة، والمركب المستقطر كان يسمى «بالماء القسوي»

واعتبر بعد الخل أول أسيد معزول . وكان هذا التحضير ينبي عن قوة التفاعل الذي كان كامناً في الفيتريول وقد لوحظ في أغلب الاحيان تصاعد أبخرة اسيدية خلال تكلس هذه الاجسام . ويبدو ان تحضير الاسيد سيلفيريك (اثير أوزيت الفيتريول) انطلاقاً من فيتريول مارس (سولفات الحديد) كان قد اكتشف بين القرن العاشر والقرن الثاني عشر . ولكن مؤلفي القرن الخامس عشر والسادس عشر هم الذين اوضحوا بدقة اسلوب تحضيره اما بتكليس السولفات ، واما بحرق الكبريت تحت جرس مع وجود ماء ، واما باكسدة السلفور او الكبريت بواسطة النيترات .

ويعد أن عرف الاسيد سلفوريك لم يتأخر عزل الاسيد كلوريدريك . فالاسيدان ، قد وضعهما باسيل فالنتين (Basile Valentin) المزعوم . أما الأسيد كلوريدريك ، والمسمى روح الملح ، فقد حضر بتكليس الملح البحري .

مفهوم الروح - ان كلمة روح تدل على تطاير الجسم المحضر بفعل زيت الفيتريول المسكوب على ملح الطعام . وقد اعتمدت هذه التسمية بالمقارنة مع الاجسام المتبخرة المعروفة منذ زمن بعيد والتي كان كتاب عصر النهضة وكتاب القرون الوسطى يصنفونها على حدة :

وفي الادب الكيميائي الذي ظل سائداً حتى اواخر القرن السابع عشر وضعت الارواح (= اثير) في مقابل الاجسام المحددة الجامدة ، مثل الاملاح والمعادن . ولكن إذا كان كتاب القرون الوسطى يدلون بالكلمة على اجسام خاصة تماماً ، يسهل التفاهم على تحديد ماهيتها ، فان الكلمة ارتدت مدلولاً اوسع ابتداءً من القرن 15 . فالزئبق والكبريت والزرنيخ كانت يومئذ تعتبر كارواح أو أثير ، ومن بينها ملح الامونياك واسيد كلوريدريك . وسميت المواد المتطايرة المستخرجة من المملكة العضوية ايضاً باسم « اثير او روح » مثل :الارواح العطرية ، ثم الاكتشاف المدهش للكحول ، في القرون الوسطى [هذا تقصير بحق العلم ان لا يقال ان الكحول اسماً وتحضيراً قد اخذ عن الكيمياء العربية (الترجمة)] ، هذه الكحول التي ظلت لمدة طويلة تسمى ماء الحياة أو (الإكسير) أي الحياة المديدة ، قبل ان تصبح في اواخر القرن 16 روح العنب⁽¹⁾ . وظلت كلمة « كحول » تدل لمدة طويلة على البودة الناعمة . ولم تطبق بشكل عام على منتج التقطير العنبي الا في بداية القرن التاسع عشر [نكرر اسفنا للاغفال المتعمد لاي ذكر للمصدر الحقيقي : لقد عالج القرآن الخمر وحرّمها كمسكرات منذ زمن بعيد بما يدل على انها كانت معروفة] .

واصبحت مجموعة الاثيرات كبيرة بمقدار ما ظلمت كلمة زئبق ، وزرنيخ ، وكبريت ، طيلة حقبة من الزمن ، تسميات عامة سبق ان فسرنا مدى اتساعها . وبعض كتب القرون الوسطى عِدَّت أربع اثيرات اساسية . اما تلك التي ذكرناها سابقاً ، اضافة الى ملح الامونياك لان الاسيد كلوريدريك لم يكن معروفاً حتى ذلك الحين ، فلم تكن هذه تدل على الأجسام المادية فقط بل ايضاً على الخصائص التي تعطيها بمفعولها او التي تلاحظ في اجسام اخرى . وهذه الامتعمالات الاخيرة ارتدت

اهمية متزايدة لدى المؤلفين في القرنين الخامس عشر والسادس عشر الذين وضعوا نوعاً من النظرية حول المادة تركز بآن واحد على الاثيرات وعلى العناصر الاربعة وميزاتها الذاتية، الموروثة عن الفلاسفة الاغريق .

وهذه النظرية لم تتوقف عن التكامل وبلغت ذروتها مع ما يسمى بنظام (اللهب) الشهير .

النزعة الى الوحدة العقائدية - أصر المؤلفون الحديثون في أغلب الاحيان ، وعلى خطأ ؛ على عدم تماسك التصورات عند الكيميائيين القدامى . فقد خدعهم اللسان الباطني الذي ازدهر بشكل خاص في القرن الخامس عشر الى بداية القرن السابع عشر ، فلم يستطيعوا التعرف الى ان هذه العقائد لم تكن في الواقع الا الاستثمار المنطقي لنتيجة ملاحظات دقيقة ومنظمة .

وقد حاول الكيميائيون القدماء ، مثل الكيميائيين الحديثين ، ان يكونوا نظرية أو فلسفة في المادة مستخدمين المعارف المكتسبة بفعل درس الخصائص الفيزيائية والعنصرية والكيميائية للمواد التي عرفوا كيف يتدبرونها . وقد عبروا عن هذه النظرية بواسطة اللغة المتاحة لهم .

وحوالي منتصف القرن الخامس عشر كانت هذه المعارف قد رقت نوعاً ما لتصلح كأساس لمنهجية ، ربما تكون بدائية ، الا ان مبادئها ظلت تستعمل حتى الاصلاح الذي حصل في اواخر القرن الثامن عشر . أما فلسفة المادة فانها سوف تركز ، ولمدة طويلة ايضاً على وجود العناصر الأربعة : الارض الماء الهواء والنار ، اضافة الى المبادئ الاربعة وهي الحر والبرد والجفاف والرطوبة . وقد استبعد من هذه المقاربات المزدوجة بشكل متغير اجتماع المتناقضات مثل النار والبرد والماء والجفاف . وخلق هذه التجمعات الاثيرات بحسب طبيعتها ونسبها أما الاثيرات المجتمعة فيما بينها فقد ولدت بدورها المعادن السبعة .

وهناك العديد من البدائل لهذه الرسمية النظرية ، يمكن استخراجها من أدب القرون الوسطى والعصور اللاحقة . وهذه البدائل لها بذاتها معنى لانها ثمرة خيالات متنوعة سعياً وراء التفسيرات الأكثر إرضاءً من التفسيرات التي تقدمت صياغتها . ويجب ان لا ننسى كذلك ان الذين يكتبون يشتهون ان يكونوا علماء اعلم من خصومهم ، أو مما هم حقيقة ، ولان الحقيقة الدوغماتية لا تمكن مناقشتها فقد بدا كافياً التأكيد بقوة اكبر واكثر على حقيقة جديدة من اجل اعطائها صفة دوغماتية . ولكن بين الحقائق التي قال بها كل الكيميائيين كان هناك فرق قليل .

وقد استمرت هذه الصفة في الكيمياء النظرية حتى بلغ نظام «السائل المحرق» ذروة ازدهاره . وتبدو النزاعات بين الكيميائيين من القرن 16 و17 حول مسائل نظرية ، عارية من المعنى لانه يصعب علينا تتبع رهاقتها . والحقيقة ان الحقائق الكبرى المقبولة لم تتطور طيلة ثلاثة قرون . وحتى في القرن 15 لم تكن هذه المسائل جديدة . وهذا لا يستبعد واقعة ولادة مفاهيم واسعة ثم نموها بحظوظ مختلفة خلال هذه الحقبة . ونحن لا نستطيع اللحاق بمراحلها الا اذا استطعنا قياس تقدم

المعارف التطبيقية . ومن الملحوظ أن النموذج المثالي للنظرية الكيميائية للمادة أنتمس بالجمود خلال هذه الحقبة حيث كانت معرفة خصائص المواد تتزايد بشكل ضخم . وربما كان السبب في ذلك ان النظرية لم تكن ذات تأثير البتة على البحث . ولم يكن اكتشاف احداث جديدة الا نتيجة فضول مهني او اهتمام مجرد ، يتم بصورة عملية . وكانت التطلعات العلمية في الكيمياء تترجم خاصة بشكل جهد من اجل تكييف العبارة والمنهج وفقاً لمعارف لكل حقبة ، وكانت هذه التطلعات تترك جانباً النظريات الاساسية المتعلقة بالمادة اذ لم يكن قد جاء شيء بعد ليثبت عدم كفايتها . من ذلك ان التراث الاوسطى الذي كان يجد جذوره في الفكر الاغريقي القديم ، قد اعتمد بدون مناقشة من قبل الكيميائيين في الأزمنة الحديثة . هذه الامانة للنظريات التقليدية تتيح فهم الصعوبات التي اصطدم بها لافوازييه (Lavoisier) ليجعل مفاهيمه مقبولة .

II - نهضة الاكتشاف الكيميائي

وقامت حركة بحوث واكتشافات ابتداء من القرن 15 بعد شبه الجمود الذي أصاب الكيمياء في العصور السابقة ، وانطلقت هذه الحركة بصورة بطيئة بمقدار ما أخذ يظهر تأثير بعض الظروف بشكل أكثر عمومية .

تكاثر وانتشار الكتب الكيميائية - من أسباب هذه اليقظة كان انتشار ادب الكيمياء والكيمياء طيلة القرنين او القرون الثلاثة السابقة . وأصبحت مؤلفات الجامعين أكثر عدداً ابتداء من القرن 13 تقريباً . وكان فانسان دي بوفيه ، (Vincent de Beauvais) والبير الكبير (Albert le Grand) وارنولد ديفلناف (Arnaud de Villeneuve) وروجر بيكون (Roger Bacon) هم المؤلفون الأكثر شهرة الذين كشفوا عن مجمل المعارف التي وصلت اليهم . الا ان العديد من الكتاب الاقل شهرة تركوا تدوينات ومقتطفات من مخطوطات قديمة ، غالباً ما كانت مغفلة ، تعود الى مؤلفين من الشرق ، وكذلك مجموعات وصفات شخصية او مدونة بحسب ما تقتضيه الصدوف . وكانت غالبية هذه المجموعات غير مخصصة للكيمياء فقط ، فقد كانت تتضمن تدوينات حول كل المسائل التقنية التي يمكن ان تثير اهتمام المحرر بحسب اختصاصه او سعة اهتمامه . وقد سبق واشرنا الى كتاب الفن للمؤلف سنيروسيني Cennino Cennini 1437 . وأشهر الكتابات في اواخر تلك الحقبة كانت دفاتر ليونارد دافنشي (Léonard de Vinci) ، وكانت قليلة الانتشار ولم تكن تحتوي الا على القليل من الملاحظات المتعلقة بالكيمياء . ولكن الامر لم يكن كذلك بالنسبة الى مخطوطات اخرى كان البعض منها قد نسخ وانتشر بكثرة . وبصورة خاصة اصبح الكيميائيون أكثر عدداً وكتب الكيمياء أكثر انتشاراً بحيث نقلت مجمل المعارف الكيميائية او القسم الأكبر منها كما زاد عددها . هذا الادب استطاع بسهولة اكبر أن يصل الى اولئك الذين كانوا تواقين الى المعرفة . وذلك بفضل توسع شبكات التجارة التي كانت تغطي كل بلاد اوروبا الغربية وتربطها بالبلدان الشمالية وباوروبا الشرقية وبالشرق الاوسط . وكان تزايد النشاط التجاري مرتبطاً بتوسع

النشاط التقني وبصورة خاصة بتوسع الصناعة النسيجية وقرينتها الصباغة ، وكذلك بتوسع استثمار المناجم والتعدين .

العوامل التقنية والتجارية في تقدم الكيمياء - لم تضعف أهمية الصباغة بالنسبة الى تقدم الممارسة الكيميائية ، حتى عصرنا الحاضر . وقد ظلت هذه التقنية حتى اواخر القرن 18 الصناعة الكيميائية الوحيدة المهمة نوعاً ما ، وأهم من صناعة المتفجرات . وغير اكتشاف مقالع مهمة من الفحم في إيطاليا الى تغير ظروف انتاجها وتجارتها في القرن 15 . كانت الشبّه حتى ذلك الحين تستورد من الشرق على يد اهالي البندقية واهالي جنوى ، ثم اصبحت متوجاً اقل كلفة وزاد استعمالها ، في البلدان الشمالية . فقد اجتذب ظهور النسيج الفلمنكي ازدهاره مجيء المواد الملونة المستوردة من الشرق ومن جنوب اوربا ، الى البلدان الشمالية . وطور ظهور الصناعة النسيجية في بريطانيا هذه المبادلات . وازداد التبادل عبر الاطلسي وحل بصورة جزئية محل الطرق التجارية الكبرى في القرون الوسطى . وكانت هذه الطرق تمر عبر شمبانيا ، واذا كانت المواد الملونة قد انتقلت بيسر اكبر فان الطرق البحرية اتاحت ايضاً نقل تربة المعادن والمعادن ذات القيمة التجارية الاقل كلفة . وبالفعل ، وإلى حد ما ، شاهدت هذه الحقبة ايضاً « ازدهاراً » للصناعة المعدنية ولتجارة منتجاتها . لا شك انه منذ القرن 12 ، و13 اصبحت المعادن المنتجة في بلاد الالب الشرقية ، وربما منتجات بلاد السويد ، ترسل الى مرافئ البحر المتوسط بطرق البر عبر الفلاندر وشمبانيا او عبر وادي نهر الرين ووادي نهر الدانوب . وعبر البحر كانت سفن بلاد الهانز التوتونية تنقل نحو الغرب نحاس بلاد الهارز وحديد هنغاريا والسويد في حين كان الفلمنكيون واهل جنوى يجلبون القصدير من انكلترا . وكان السكان الفريزون والساكسون يتاجرون بالرصاص الانكليزي في اسواق اوربا الغربية منذ القرن العاشر . وكان التوتيا والنحاس من وادي نهر الموز قد انتشرا في اوربا . ولكن حجم كل هذه التجارة ظل ضعيفاً بالنسبة الى حجم المواد الثمينة وبصورة خاصة للمواد الملونة والنحاسية .

تأثير التعدين - في القرن 15 تَزَحَّم استثمار مناجم بوهيميا والتيرول . وارتدى التعدين في المانيا الجنوبية أهمية جديدة . وكذلك كان حال حديد السويد ، ونحاسها ونحاس روسيا وبولونيا ، وحال التوتيا في انكلترا . هذا مع إغفال الكلام عن مكامن التربة المعدنية المتنوعة التي بدأ استثمارها على كل القارة ، إلا أنه لم يرتد الا أهمية محلية .

وكان لتجديد الصناعة التعدينية تأثير ضخم على تقدم الكيمياء . وطورت العدانة اساليبها ودرست تربة المعادن والمعادن ومركباتها بانتباه اكبر . وتزايدت مجمل المعارف بسرعة ، ولعب في هذا التقدم المعدنون والتقنيون في مناجم المانيا ، في القرن 16 و17 دوراً مهماً .

وتعتبر غزارة الأدب المتعلق باستثمار المناجم دليلاً على تزايد هذا النشاط في القرن 16 . ان كتاب جورج بوير (Georg Bauer) ، المسمى أغريكولا ، «ري ميتالكا» (De re metallica) المنشور سنة 1556 ، أعيد طبعه عدة مرات . ووضع كثير من المؤلفين الألمان ، في نفس الحقبة ، كتباً تقنية احتل

فيها استثمار المعادن المكان الاكبر . وفي ايطاليا واسبانيا نشرت كتب مماثلة في القرن 16⁽¹⁾ .

مثل هذا الاهتمام بانتاج باطن الارض جعل فضول الكيميائيين يتركز بالدرجة الاولى على جيل المعادن . وهذا ما حصل : كانت كيمياء باراسلس (Paracelse) ولاحقه مرتكزة بصورة اساسية على مناقشة هذه المشكلة وعلى الاستقصاءات التي أثارها .

شخصية باراسلس وتعليمه - كان فيليب اوربول تيوفرست بومباست فون هوهنهم ، المعروف بلقب باراسلس ، أشهر كيميائي تلك الحقبة ، وحتى اذا كانت كفاءاته قد ضخمت من قبل تلاميذه وبلوغ فيها ، ولكن يجب الاعتراف ، بأنه أثر ، أكثر من أي شخص غيره ، في البحث وفي الفكر الكيميائيين طيلة أكثر من قرن . ولد سنة 1493 ومات سنة 1541 ، وهو ينتمي الى النصف الأول من القرن 16 . كان باراسلس Paracelse ما يزال قريباً من التراث الوسيط ، وقد بذل جهداً فعالاً ليتخلص من المعتقدات الموروثة في تلك الحقبة . ولكنه لم يتوصل الى ذلك ، رغم بعض الحركات الاستعراضية ، ورغم بعض خشونة الألفاظ . كان صوفياً أكثر مما كان مؤمناً ، وكان مسؤولاً الى حد بعيد عن استمرارية التصورات اللاعقلانية التي ظلت طويلاً تطبع فلسفة المادة . ومع ذلك فقد فتح سبل التقدم واسعة أمام الكيمياء .

وقد تحدد اتجاه فكره بالتأثيرات التي خضع لها أثناء مراهقته . كان والده طبيباً واستاذاً في مدرسة المناجم في فيلاش كارانتي . واشتغل لفترة في المناجم وجمع معارف كيميائية مهمة في مجال التعدين . وقام بدراسات في الطب وهو ينتقل من جامعة الى أخرى ، واحتفظ الى حد ما بهذه العادة التجوالية طيلة حياته . وهناك اسطورة تكونت في حياته ، مفادها انه زار بلاداً بعيدة [كبلدان الشرق : الشرق الادنى والاقصى وايران والصين] وهذا امر غير ثابت . وبخلال رحلاته حاول ان يتصل بالخيميائيين والمنجمين ، والتصوفين اليهود واعضاء الجمعيات السرية . وتعلم منهم وصفات متعددة والاعيب خفة اليد ، وامراراً في الطب استفاد منها . كما اكتسب لغتهم الخاصة واساليب تفكيرهم مما جعل كتاباته غامضة .

ولما عين استاذاً للطب في بال سنة 1526 ، افتتح فيها تعليماً حماسياً وهجومياً ضد معتقدات الطب المدرسي [الذي كان باشراف الكنيسة] . وعملت بعض استطبائاته المدهشة ، التي نجحت بفضل استعمال أدوية يدخل فيها الأفيون والمركبات شبه المعدنية على ذبوع صيته وشهرته . ومات باكراً في ظروف غامضة . ونشرت غالبية كتبه بعد موته .

وأدى تنكره للمعتقدات الموروثة الى التجريب المباشر . ولم يكن الوقت مناسباً للقيام بوضع منهج تجريبي أكيد ، فضلاً عن ان معتقدات باراسلس الخاصة كانت تخفي عنه أسس مثل هذا المنهج . الا انه حين دعا تلامذته الى رفض الكتابات التقليدية والى مراقبة الطبيعة بأنفسهم ، والى التجريب

(1) أنظر حول هذا الموضوع البحث ص 127 .

البحري ، ساعد على اعطاء الكيمياء زخماً لم يضعف بعد ابداً . والفائدة التاريخية من تعليمه تقوم على انه وضع في أساس هذا التعليم دراسة المعادن والمركبات شبه المعدنية ، بهدف مزدوج : تبرير نظريته عن طبيعة المواد المعدنية ثم ادخال استعمال الادوية المستخرجة من مملكة المعادن في الممارسة الطبية .

وفيما يتعلق بالنقطة الاولى ، فتح باراسلس سلسلة طويلة من البحوث استمرت وثبتت الى حين قيام لافوازييه بأعماله . وهذه الاستمرارية كان لها النتائج الاعمق على تطور الكيمياء ، طيلة قرنين من الزمن ولم تكن نتائج تطبيق المعارف الكيميائية على إعداد الادوية اقل اهمية . فظهور الكيمياء الطبية ، انتزع الكيمياء من الخيمائيين ليضعها بين يدي الاطباء . وهكذا اعطت الكيمياء الطبية الى الكيمياء المخبرية ، تطبيقاً عملياً لم تعرفه من قبل . وجعلت منها نشاطاً مجزياً واعدت له جهازاً بشرياً جديداً . وعلى خطى باراسلس سار الاطباء والمعدنون الذين توصلوا الى وضع الاسس التي امكن بناء علم الكيمياء عليها في القرن 18 .

الاكتمالية الطبيعية في المعادن - أن فكرة الاكتمالية في المعادن استمرت عند باراسلس لان التجربة لم تكذب امتياز الذهب كما أن الفضة تتمتع أيضاً ببعض الامتياز ولكن هذه الفكرة قد أصابها بعض التغيير . فبالنسبة الى الكيميائيين من القرون الوسطى وبصورة خاصة الخيمائيين ، يمكن تسريع العملية بل والتسبب بها بواسطة البراعة المصطنعة في الكيمياء . والمشكلة الوحيدة هي العثور على سر العمليات الفعالة ، وهذا السر موجود . والآثار تذكر أن البعض امتلكه . وفي غمرة الكلام والكتابات أصبحت المشكلة هي العثور على الأثر كما لو يمكن البحث عنه في سر الكور أو الاميق .

ويفضل باراسلس تحلى الكيميائيون عن هذا الامل الخادع . ان تطور المعادن نحو حالة عدم الكمال هو شأن من شؤون الطبيعة ويتم هذا التطور في الاعماق الغامضة من باطن الارض اما التأثيرات الكونية والقوى الخفية التي تعمل عملها في القشرات المعدنية فهي وحدها القادرة على احداث هذا التطور . اما البشر فليس بإمكانهم ان يطمحوا الى تحقيق هذا العمل العظيم بأنفسهم . إنما بإمكانهم فقط ان يستخرجوا الجزء الذي سبق وتحول ، من المعادن التي تخفيها المظاهر الفجة من الاجزاء الاخرى . إنما للتوصل الى هذا الامر يجب التمتع بلباقة عظيمة . توجد وسائل عزل وفصل تقوم على طرق عنيفة . هذه الوسائل يجب ان تستعمل بحذر . وربما يكون اختيار العينة التي عليها تجري المعالجة هو العملية الأكثر دقة . واذا كانت المعطيات الكونية غير مؤاتية فان نسبة المعدن المتغير قد تكون جزئية في النموذج المعتمد بحيث لا ترى .

وعندما تُستكمل الازمنة ينتهي التمايز بين مختلف المعادن التي تصل كلها الى حالة الذهب في منتهى المطاف . والانسان ، من اجل احتياجاته اليومية يستخدم المعادن كما هي عند استخراجها من النجم . يقول غلوبير (Glauber) وهو يشرح باراسلس فيها بعد : « لم يكن قصد الطبيعة ، ان يبقى الحديد حديداً بل ان ينتقل الى حالة الكمال الذهبية . ولكن قلة صبر المعدنين لم تسمح له بالتوصل الى هذه الحالة . فهم لم يتظفروا الحديد كي يتوصل الى مقام الذهب . ولذا استخدم في الاستعمالات القائمة » .

ولما كان الذهب هو المعدن الكامل ، والفضة قريبة منه نوعاً ، فلا يبدو أن باراسلس وخلفاءه قد اعتمدوا تصنيفاً دقيقاً بالنسبة الى المعادن الخمسة الاخرى .

والفضة والانتيموان يتمتعان بسمعة واضحة . ثم يأتي النحاس والرصاص تاليين ، وبعدهما الحديد ، الذي يعتبر الاخشن : والمظهر المعدني يبدو احد السمات الاكثر تقديراً بعد عدم الصدا . اما الزئبق فظل يتمتع بسمعة خاصة .

ثم انه يجب أن لا ننسى ان هذا التصنيف لا دخل له في النوعية التعدينية التي يستخرجها المعدن ، بل هو يقتصر فقط على المعدن المثالي الذي لا تدركه الحواس العادية . والواقع ، ان عينة من معدن عادي هي خليط يخفي فيه المعدن الاخشن معادن اكمل منه . وكل التجارب التي يوقعها الكيميائي بهذه العينة : اكسدة ، تدوير ، تحطيم بالعوامل المهرية ، او التدوير بالقلويات ، او الكبريتة او التحويل بالاملاح وبالاوكسيدات ، او الخلط ، ليس لها هدف الا لتفحص هذه المعادن الكاملة الموجودة في المعادن المبتدلة . وبواسطة هذه الاساليب يسعى الكيميائي الى تركيز المعادن الاكمل ، وبخاصة الذهب ، ثم استخراج هذا الاخير من المجموعة المعدنية التي تغمره .

وأدب القرن 16 و17 مملوء بمثل هذه الوصفات ، ولكن وصف هذه الاساليب غامض عن قصد . اذ كان المؤلفون يخافون من اخذهم بالذنب ، ذنب الهرطقة ، ولهذا كان الوصف مبثوراً . فبعد بداية مفهومة تماماً ، يلوذ المؤلف بالمجازات والمعميات التي توحي بان الالباء والاذكياء لا يحتاجون الى شروحات اضافية . اما الآخرون ، فهم دائماً اما حساد واما اشرار مستعدون للبلع باسرار الاخوة وتشويه أشد الحقائق احتراماً . والكيميائيون ، وقد علمتهم التجربة الشخصية الحذر ، لم يعودوا يعلنون عن رغبتهم في الوصول الى فصل الذهب الخالص الموجود في الحديد مثلاً . وافضل النتائج التي يمكن التوصل اليها ، على ما يبدو ، هو تركيز الذهب الكامن في منجم داخل « منتجات رأسية من فصل مجزأ (Les Produits de tête d'une séparation fractionnée) » بحسب اللغة الدارجة .

هذه النظرية حول المعادن قد أثارت بحوث خلفاء باراسلس ، من اجل التثبت من هذه المادة النهائية ، هذه المادة الكاملة الموجودة في كل مكان وفي كل مكان مخبأة . وقد ألقت العمليات العديدة الجارية على المعادن ومزكباتها ، بين الكيميائيين والظواهرات التي ظلت لمدة طويلة سيئة التفسير ، والتي اعطت فيها بعد مفتاح النظام الكيميائي العصري : انه بصورة خاصة تأكسد المعادن بالتكلس في الهواء الحر وتفكك الاوكسيدات .

مفهوم المبدأ ، النظرية العلمية - وهناك نتيجة اخرى لهذا التيار الاستقصائي ، وهي اعطاء ركيزة اكبر لمفهوم المبدأ . لقد تغيرت كثيراً الفكرة التي كونها كيميائيو القرن 16 و17 ، حول « الجوهر » (Quintessence) الباراسلسي بين كاتب وآخر . ومفهوم « الجوهر » بالذات لم يعد حكراً فقط على كيمياء المعادن . فالعامل النهائي اصبح عاملاً شاملاً استطاع البعض ترقبه وحياه بعض

الكيميائيين من القرن 18 في « اللاهوب » (Phlogistique).

وقد ساعد باراسلس نفسه على اعطاء مظهر النظرية العلمية لمفهوم المبدأ. فهو برفضه اسماً للعناصر الاربعة الاساسية ، لانها تشكل جزءاً من التعليم المدرسي ، لم يذهب الى حد التخلي عن المفهوم بالذات. انه رفض اعتبارها كعناصر غير قابلة للتلف ، ولكنه احتفظ في اساس نظريته بأربعة مبادئ بعيدة هي الصفات القديمة الأولية: البرد والجفاف والحرارة والرطوبة. وهي تبدو في الواقع نوعاً من التسوية بين هذه الصفات والعناصر الاربعة : ماء ، ارض ، هواء ، نار. ويدت هذه التسوية ، غير الواضحة ، مختلفة الوجة في الخطايات المعقدة لشراح باراسلس ، الذين لم يظهر عليهم انهم فهموا تماماً التمييز او التفريق الدقيق ، حالهم في ذلك كحال الكاتب العصري. والى جانب الميزات الأولية افسح باراسلس مكاناً خاصاً لخمس مبادئ قريبة هي الزئبق والكبريت والملح والكحول ، وخلصا التفطير. والمبادئ الثلاثة الاولى هي المبادئ الاساسية او الفاعلة اما الاثنان الاخيران فسلبيان ، وهما قابلان للتلف. وتدل التجربة بهذا الشأن ان الكحول (flegme) والرأس (الميت) أو بقية التفطير يمكن ان يتحولوا بفعل عوامل مشتركة متنوعة .

والمبادئ الثلاثة الاولى يصعب تعريفها. ويمكن ان نحفظ من خطابات باراسلس والمعلقين عليه ما يلي : تشكل المبادئ باتحاد الصفات الاساسية بنسب متنوعة. فالزئبق يتوافق مع المركب الذي تسيطر فيه الرطوبة اما الكبريت فيتوافق مع المركب الذي تسيطر فيه الحرارة، اما الملح فيتوافق حيث يسيطر الجفاف. ولا يبدو ان البرد يمكن ان يسيطر في مركب من الصفات لان باراسلس لم يعترف له بمبدأ. مقابل. ثم انه يجب ان نفهم انه نظراً للاختلاف الكبير في نسب الصفات ، في كل مبدأ ، بالامكان وجود كميات من الكبريت والزئبق والملح. ومع الآخرين ، اي الكحول وبقية التفطير ، واللذين كثيراً ما اهملا في الشروح ، رغم ورود ذكرهما في التعداد الاساسي ، تشكل العناصر الثلاثة الاولى كل الاجسام التي تدخل هذه العناصر فيها بنسب متنوعة .

الجوهر - يستكمل باراسلس نظرية المادة بمفهوم الجوهر او العنصر الخامس والذي ينتج عن الصفات الأربع الاساسية مجتمعة. يقول باراسلس : « الجوهر هو مادة يمكن ان تستخرج من كل الاشياء التي تتجها الطبيعة والتي تتمتع بالحياة ذاتياً . ومثل هذه المادة رقيقة جداً ويجب تفتيتها الى أعلى الدرجات وتنظيفها من كل العناصر غير النقية والتافهة التي تحيط بها . وهذا الفصل يَبْقِي هذا الجوهر ضمن طبيعته التي لا تقبل الفساد » .

فهل هذا الجوهر مبدأ شامل ؟ يقول باراسلس (Paracelse) انه والزئبق نفس الشيء ثم يتكلم فيها بعد عن جوهر كل معدن ما عدا المعادن الرضية .

« ان جوهر الذهب مثلاً مأخوذ من الطبيعة الرطبة للماء . وجوهر زحل (الرصاص) يتعلق بالارض الباردة والجافة . وجوهر الفضة البيضاء يتعلق بصفات الهواء الذي هو بذاته ليس الا تكثيفاً للهواء في احشاء الارض وله رهاقة قصوى » .

تأثير باراسلس - في هذه الاسطر القليلة يعود باراسلس رغباً عنه الى مفهوم العناصر الاربعة عند الفلاسفة الاغريق، ووضع خلفاؤه من بعده هذه العناصر في رأس كل تفسير للمادة . وهكذا يتكون لدينا المجلد النظري الذي سوف تعيش الكيمياء عليه طيلة قرنين ونصف القرن . ومساهمة باراسلس الأصلية ليست ضخمة . فالمفاهيم التي منهجها كانت موجودة في الكتابات السابقة لعصره ، الا انه جعل منها هيكله عقيدة بدت لمعاصريه متماسكة . ونجاح افكاره لا يعزى الى وضوح تعليمه بل الى شخصية باراسلس نفسه .

فعالية ادومته ثم علاقاته مع اهل العلوم الخفية ، وميله الى الشرب ، ونزواته جعلت منه شخصاً كثر الجدل حوله . والهجوم الذي تعرض له في حياته ولمدة طويلة بعد مماته ساعد على ذبوع صيته مثل المدائح التي كانها له انصاره . فهو لاء دافعوا عنه بحماس يعادل انتقاد النقاد له . والكيميائيون توقفوا عن رد الهجمات عليه ، وتخلوا عن تعاليمه الطبية السرية تاركينها للكيميائيين المتأخرين وللمنجمين وغيرهم . من الاشخاص المشكوك بهم . ولكن نظريات الدكتور الملهم حفظت في كتب الكيمياء ، بحكم العادة ، وظلت هذه الكتب مطبوعة بعمق ، بالتراث الى حين نشر كتاب لافوازييه (Lavoisier) . وفي عصرنا يصعب تصور كاتب استطاع أن يهيم طيلة قرنين وأكثر .

وفي اواخر القرن السادس عشر كان كل العلم تراثياً . ولكن بعد مئة سنة انتهت هذه الامانة للاقدمين في غالبية المجالات وبقيت الكيمياء العلم التقليدي الاخير . ولم تحل تعاليم العصرين محل تعاليم الاقدمين بل تراكمت فوقها .

باسيل فالانتين - (Basile Valentin) اذا كان اسم باراسلس قد شاع فوق كل الادب الكيميائي في القرن 16 و17 ، الا انه لم يكن الوحيد الذي يذكره مؤلفو كتب الكيمياء كسند لمعلوماتهم .

فمن بين معاصري باراسلس الذين قرئوا وذكروا من قبل خلفائهم ، يذكر شخص مفترض ان اسمه باسيل فالانتين وهو اول من كتب بحثاً متخصصاً بالانتيموان . وقد حدد زمنه إما في القرن 15 او في القرن 16 . ويبدو انه من الثابت اليوم ان هذا الشخص لم يوجد على الاطلاق ، وان الكتابات التي نشرت باسمه حوالي 1600 هي من صنع أحد أنصار باراسلس المجهولين ؛ وهذا لا يعني أكثر من نقل مشكلة شخصية هذا المؤلف من شخص الى شخص . ويبدو أنه مثل مخلص للكيمياء السحرية وقد نشر له فيها باللاتينية والالمانية والفرنسية كتاب اسمه مفاتيح الفلسفة الاثني عشر . أما المعارف الايجابية التي جمعها فكلها في كتابه عربية الانتيموان المظفرة (= الإثم) .

دروس عملية : برنار باليسي Bernard Pallissy - يمكن ان نقارن وجه فالانتين بصورة برنار باليسي (1510 ؟ 1589) الذي ينتمي بكامله الى القرن 16 . لم يقدم باليسي معارف جديدة مهمة جداً . فقد كان صانع فخار وسيراميك . وكان يمتلك اسلوباً في الملاحظة اعطي فيها بعد كمثلاً ، في

زمن لم يكن الكيميائيون يعرفون فيه كيف يعملون وكيف يكتبون الا بالتقليد بمعتقدات ضيقة ، مخترعين وراء سلطة كتاب مقدسين ؛ قام باليسي كفكر حر . ولم يتوقف فضوله على اشياء معقدة مثل تركيب المادة البعيد ، وان هو تكلم عن المادة فانما ضمن مذهب اللاادرية وانكار ان العمل العظيم قد اكتمل او يمكن ان يكتمل يوماً ما . ولكنه عندما يبحث في تفسير الظواهر الملحوظة مباشرة ، ثم يصفها ، مثل تغذية الينابيع ومثل خصائص الاملاح والاحجار والصلصال والدلغام ، فانه يتميز بحس سليم وبقراءة قلما نجد لها مثيلاً في ذلك العصر . وهو لم ينشر الا كتابين . الكتاب الرئيسي عنوانه «خطابات مدهشة حول طبيعة المياه والينابيع الطبيعية والاصطناعية ، وحول المعادن والاملاح واشباهها والاحجار والتربة والنار والطلاء (المينا)» 1580 ، وهذا الكتاب هو حصيلة محاضرات قدمها في اواخر حياته امام جمهور مختار لكي يثبت صحة معارفه . ولم يتكلم باليسي الا عن مواضيع يعرفها بحكم الخبرة الطويلة .

ولم يحدث هذا الرجل ، ذو الشخصية التي تحملنا على التفكير بشخصية ليوناردا فينشي Léonard de Vinci ؛ انما من غير صقل ، لم يحدث اي تأثير في عصره الا انه يبدو لنا كممثل لفئة من العمال والممارسين لم تتعود على حسن التعبير عن نفسها ، انما تميزت بنشاطها العظيم لان معارف الكيميائيين الوضعية لم تنفك تتزايد بانتظام بفضلها .

الفصل الثالث :

دراسة الجسم البشري

I - التشريح

الثورة التشريحية - في ذات السنة التي ظهر فيها كتاب كوبرنيك Copernic حول النظام للشمسي، طبع كتاب « الجسم البشري... » De Humani corporis fabrica (بال 1543) لمؤلفه اندره فيزال André Vésale، الذي ثور معارف الانسان حول تركيبة جسده بالذات . وهكذا ظهرت نظرة جديدة بذات الوقت على العالم الكبير [الكون] والعالم الصغير [الانسان] .

ويزعم مؤرخون كثيرون ، وخاصة م. روث (M.Roth) وه. ي. سيجريست (H.E.Sigerist) ان الطب الغربي مرتكز بصورة اساسية على التشريح وان الفكر التشريحي ، بالمعنى الحديث للعبارة ، بدأ ، وبشكل مفاجيء نوعاً ما ، مع عمل فيزال . وبالتالي مثل نصف القرن 16 قطعاً حاسماً في تاريخ العلوم الطبية ، وفجر عصر جديد . وفي التقريب الاولي ، يبدو هذا الزعم سهل التبرير: انه يتضمن ولا شك نواة حقيقة انما يجب ان لا يقبل بدون نوع من التحفظ . ان الفكر التشريحي يقوم على الجهد الرامي الى قصر كل المظاهر الفيزيولوجية والباثولوجية على مورفولوجية داخلية جسمية ، وعلى علاقات بنوية معروفة ومدروسة بفضل التشريح . لا شك ان الدور التاريخي لهذا المفهوم المهم ، وفوق ذلك النموذجي ، لتجند الطب الاوربي ، يستحق اعطاءه مركز الشرف في كل دراسة نقدية حول نهضة العلوم العصرية . ولكن علينا ان نتحرر ان نرى في التشريح - سواء كان جامداً أم حياً ، طبيعياً أم مرضياً (باثولوجيا) - الأساس الوحيد للطب العلمي . وهناك عوامل اخرى تدخل في المجال ، وربما يفسر هذا لنا لماذا لم تكن نهضة الطب الحقة - في نظرنا - فعل القرن 15 ، بل فعل حقبة لاحقة متأخرة .

ونحفظ آخر: اذا كان فيزال قد ضرب الضربة الاولى الحاسمة والقاطعة لنظام غاليلان ، فليس يقل عن ذلك حقيقة ، ان ضربته لم تكن الاولى ولا كانت الثغرة الاولى في البناء العربي الغاليلاني . وميل المؤرخين الى بلورة الاحداث حول بعض الشخصيات الفريدة غالباً ما تلقى في ظل فيزال انجازات سابقه ، وتوشك ان تنسى بان الثورة الفيزيائية تمثل، ليس فقط، بداية مرحلة جديدة، بل

تبدو أكثر من ذلك وكأنها نتيجة تيار عام تيار الفكر العلمي . وحدثت نهضة أولى في التشريح ، خلال القرن 16 ، والخلاف بين الملاحظة التشريحية ، والكتابات الغالية لوحظ من قبل كثير من المشرحين في النصف الاول من القرن السادس عشر . انما يجب الاعتراف لفيزال بموقع تاريخي مميز . وكما عبر عن ذلك بنجاح ومنذ زمن بعيد كارت سبرنجل Kurt Sprengel :

« الحقيقة ان المشرحين الذين عاشوا قبل فيزال حققوا اكتشافات عديدة ومفيدة ، ووصفوا من بعض النواحي الطبيعة كما هي لا كما وصفها غاليلان . ولكنهم جميعاً اعتبروا دحض اقوال هذا المعلم الكبير الذي يصعب الوصول الى مستواه ، جرأة مخيفة ، وكانت مثل هذه الظروف غير ملائمة لتقدم علم التشريح ، وبالفعل ظل هذا العلم ذابلاً حتى الحقبة التي كسر فيها فيزال الخالد المعتقدات القديمة وأوصى بالملاحظة الدقيقة للطبيعة وكأنها الدراسة الأكثر أهمية والأكثر لزوماً » .

التشريح التعليمي ومسألة التراث الغالياني - سبق ان ادخل التشريح البشري في التعليم الجامعي خلال القرن 14 وبخاصة في ايطاليا . وقدم موندينو دي لوزي (Mondino dei Luzzi)، الأستاذ في بولونيا المثل الاوضح عن هذا النشاط التشريحي (1316) . ولكن يجب ان لا يغيب عن نظرنا ان موندينو امر بالتشريح التعليمي : وهو لم يكن يزعم انه يكتشف بنيات غير معروفة حتى زمنه ، ولكنه اراد فقط ان يثبت بالمشاهدة العينية تعليم غاليلان . كما انه كان بعيداً عن امتلاك معرفة النصوص الحقة عن معلم برعام⁽¹⁾ (Pergame) . وعلم موندينو غالية من مصدر عربي ، اقل منزلة من يحمل المعرفة التشريحية المأخوذة عن الاغريق الاقدمين . ورغم ان موندينو شرح بنفسه الاعضاء التناسلية لامرأتين ، فقد وصف الرحم وكان فيه 7 طبقات ، وهذا خطأ لم ينسب الى غاليلان (كما ميز خطأ أيضاً بين تجوفين رحيمين) بل في شراحه الوسيطيين ، وبعد عدة سنوات من كتابة اناتوميا لموندينو قام عالم في البلاط الملكي في نابولي وهو نقولا دو بريسيو (Nicolas de Deoprepio) من مقاطعة ريجينو دي كالابري (Reggio de calabre) يترجم مباشرة من الاغريقية الى اللاتينية كتاب (Usus u Partium) « حول الجسم البشري » . وهو كتاب اساسي في التشريح الفيزيولوجي الغالياني . اما كتاب « غاليلان » الذي وضعه موندينو فلم يكن الانصاً مزوراً عن غاليلان « جوفامنتيس » ، وهو مقتطف فاسد من كتاب (ايزوس بارسيوم) . وارسل نقولا نسخة من ترجمته الى غي دي شوليك (Guy de Chauillac) واستخدمها هذا الاخير ، بصورة واسعة لكي يكتب القسم التشريحي من كتابه « شيرورجيا ماغنا » (Chirurgia magna) . وافر غي (Guy) بقيمة مصادره القديمة المفتحة ، ولكنه لم يكن على استعداد كاف لفهم الرسالة الاساسية في التشريح الكلاسيكي . وعلى كل ويفضل كتابه حول المشرحين في مونبليه ، وبصورة اعم حول الجراحين في القرن 15 و16 قام تراث صحيح من التشريح الغالياني افضل من التشريح الذي نقله موندينو ، وذلك في الكتابات الجراحية خاصة في فرنسا والمانيا .

وتم تجديد التشريح خلال مرحلتين تراكبتا تاريخياً . فتحت مظلة الانسنة ، تمت العودة الى

المصادر الادبية للعصور القديمة ، وتم احيائها باكثر ما يمكن من الامانة ، ثم في مرحلة ثانية ، حكمت بالفكر العام السائد في نهضة العلوم والفنون ، ثبت الجميع « بان العودة الى الينابيع القديمة لم تحدث الا تغييراً في العبودية » (ب . ديلاوني) P.Delaunay . وحطمت الاطر الكلاسيكية في المحاولة من اجل الوصول المباشر الى الطبيعة كمصدر اسمي للمعرفة . وكانت في البداية انتقاد نقل المعارف ثم انتقاد المعارف بالذات .

وفي سنة 1490 ظهر الى الوجود في البندقية الطبعة الاولى ، من ترجمة لاتينية ، صحيحة في خطوطها الكبرى ، لبحوث غاليلان التشريحية ملحقة ، في سنة 1525 بنشرة الاصل الاغريقي .

وبصورة تدريجية ، تم بخلال القرن 16 تنقية التعابير التشريحية واستبدلت التعابير ذات الاصل العربي مثل (صفاق، زربوس وميراش) بكلمات اغريقية الاصل او لاتينية الاصل . اما المسائل ذات المظاهر اللغوية الخالصة فكانت موضوع نقاش تشريحي طيلة الثلثين الاولين من القرن 16 . ولكن الحماس الزائد والخاص دل على ان المسألة لم تكن مسألة تعابير : فقد كان هناك التناقض بين الملاحظات التشريحية الكلاسيكية والوسيطية .

وكان على رأس هذا الخط من التشريحيين الانسانيين الساندرو بنيدتي (Alessandro Benedetti) الذي امتاز بمعرفته للاغريقية وباحثقاره للكتب التشريحية العربية اللاتينية . ومعه بدأت شهرة المدرسة التشريحية في بادو ، حيث أسس أول مختبر تشريحي دائم . ونقل توماس ليناكرا (Tho-mas Linacre) ، وكان تلميذاً في بادو قبل ان يصبح طبيب هنري الثامن ومؤسس كلية الاطباء ، الى انكلترا هذا الشرح ذا الاتجاه الفيلولوجي اللغوي . واقام سلفيوس (Sylvius) وغوتيه داندروناخ (Gonthier d'Andemach) في باريس مركزاً محترماً .

ليونارد دا فينشي وتمهيد - لا يمكن ان نفعل العمل التشريحي الذي قام به ليونارد دا فينشي ، رغم ان هذه العبقريّة ذات الموارد المتعددة تستعصى على كل تصنيف ، وان بحوثه التشريحية ، مهما كانت رائعة ، تقع على هامش النمو التاريخي لهذا الفرع من العلم . فقد شرح ليونارد بغناية اثناء ثلاثة مراحل في حياته : (في ميلاتوحوالي 1490 ، وفي فلورنسا بين 1503 و1506 ، ثم في ميلان بين 1510 و1511 ، وكانت هذه المرة الاخيرة بالتعاون مع الطبيب مارك انطونان ديلا توري (Marc Antonio della Torre) وسنداً لأقواله بالذات شرح ليونارد حوالي ثلاثين جثة ، ابتداء من الجنين الى العجوز الموتي ، وكان يريد وضع كتاب كبير حول التشريح او انسيكلوبيديا حول الانسان ، ولكنه بقي في المرحلة الاعدادية لها : آلاف الرسيمات ومئات الملحوظات . ولكن اي غنى ، واي اكتشافات . في عالم ليونارد يتحد الجمال مع الحقيقة وكذلك النظرية مع التطبيق . ان معارفه بالعلم الرسمي كانت ضيقة ، ولكنه في مجال التشريح لم يكن سابقاً ٩ .

بالنسبة لليونارد كانت الرسوم التشريحية وسيلة لدراسة الوظائف الحيوية . ولا يسعنا إلا أن ندهش أمام تفوق تقنيته : تشريحات بالتسلسل ، تشريحات بأنظمة عديدة ، قلوب الفجوات بالشمع ، استبدال العضلات بأسلاك من أجل إبراز طريقة تحرك الهيكل العظمي بصورة أفضل ، الخ . بنجاح كبير طبق

في مجال البحث التشريحي طرق مهندسي البناء الإيطاليين . كما أن لائحة اكتشافاته مذهشة : لن نحاول تعدادها هنا ، لأنها بقيت مجهولة من قبل مشرّحي القرنين السادس عشر والسابع عشر .

التيار الطبيعي المغالي في إيطاليا - خلال القرن 15 وخلال العقود الأولى من القرن 16، كان التشريح التعليمي والتشريح التمحيصي للبحث قضائياً، مطبقين في عدة مدن إيطالية . وكانت السابقة تعود الى بولونيا والى بادو والى البندقية . وازدهرت مراكز أكثر تواضعاً للبحوث التشريحية في فلورنسا وبيزا وافرار وبيروس وجنوى وغيرها . وكان الأطباء الطلاب يأتونها من كل أنحاء أوروبا . وإذا كان التعليم العملي للتشريح البشري لم يزل الاجازة الرسمية الا على يد البابا كليمان 7 (من سنة 1523 الى سنة 1534 م)، فإن السلطات العلمانية والكهنوتية في إيطاليا قد سمحت به أحياناً شجعتة ، قبل قرن على الأقل .

وظل كتاب موندينو (Mondino) ، المتوفر من خلال نصف دزينة من الطبقات البدائية ، - ثم المعاد طبعه حوالي 20 مرة - يخلال القرن السادس عشر ، ظل هذا الكتاب ولمدة طويلة الكتاب المدرسي الاميز . وحتى من اجل نشر بعض الاكتشافات التشريحية وبعض الافكار الاصلية ظل المشرّحون في النصف الاول من القرن السادس عشر يفضلون ابراز هذه الاكتشافات بشكل تعليق على موندينو . وظلّ توجه الطب توجهاً فيزيولوجياً وباثولوجياً مزاجياً عاجزاً عن الاستفادة من لتعلم التقليدي ، فكل ذلك تعارض مع تقدم التشريح بسرعة . إلا أن التعارض أو التنافر بين نص موندينو وعقيدة غاليلان « الحققة » ثم الملاحظات الشخصية التي أبداه المشرّحون بدا بصورة جلية في « كتاب تشريح الجسم البشري » (البندقية ، 1502) لغبريال زربي وظهر الخلاف بين التراث والمتطلبات الجديدة للبحث العلمي بشكل خفي . فمن جهة أكد زاربي (Zerbi) ان الذي يريد معرفة أعمال الطبيعة يجب أن لا يثق بالنصوص التشريحية بل عليه أن يراقب الطبيعة كما تبدو لعينه ، ولكنه من جهة أخرى ، بقبل كحقيقة أكيدة عملياً كل التأكيدات الغاليلية .

في مؤلفات جاكوب بيرنغارو دي كاري (Jacopo Berengario de Carpi) (كومتاريا سوبر اناتوميا ، (Commentaria Super anatomia Mundini) ، 1521 ، ثم (إيزاغوجا بسريفي Isagogae breves ، 1522) ثم كتب الكسندر آشيلىني Alessandro Achillini (انوتاسيون اناتوميكا . . 1522) وكتب نيقولا ماسا Nicolo Massa (أناتوميا . . . 1536) في هذه الكتب سادت تفاعلية تحررية فكرية كما تم رفض سيطرة غاليلان . وكانت هذه التفاعلية تعمل بشكل غير ظاهر تماماً إلا أنها كانت قوية بحيث يتمتع معها الرجوع الى الوراء .

الى آشيلىني ، وكان استاذاً في بولونيا وبادو ، يعود الفضل في وصف المطرقة والسندان في الاذن الوسطى ، واكتشاف القناة المسماة اليوم بقناة وارتون ، ثم ملاحظة ان القناة الصفراوية تصب في اول المصران الرفيع ، وكذلك بعض المعلومات الجديدة حول معرفة الدماغ .

ووصف الاستاذ في الجراحة من بولونيا الايطالية بيرنغارو (Berengario) لأول مرة الزائدة

الدودية ، والتموس (غدة في العنق) والجيب السفنويدي (الاسفني) وطبلة الاذن والغضروف الارتنودية . وكان يعرف ان الرحم يحتوي على تجويف واحد غير مقسوم لا الى سبعة ولا الى منطقتين . وكان يقول ان على المشرح ان يفضل التشرية على قراءة الكتب . وكان برنغاريو رجلاً حذراً قلماً عارض غالباً بشكل مباشر ، وان هو فعل فانه يتراجع حالاً ، ظاهرياً على الاقل . مثلاً ، بشأن تشابك الاوعية الدموية الواقعة في أسفل دماغ بعض الحيوانات انما غير الموجودة عند الانسان ؛ يقول برنغاريو ببساطة : هذه الشبكة لم ارها أبداً . ولكنه بعد أن مجاها ببجملته واحدة ونفى وجودها . يعود فيصف هذا التشكل الخيالي كما هو وارد في الكتب التشريحية التقليدية . وفي سنة 1561 قال فالوب (Falloppe) ان برنغاريو هو بدون شك اول مجدد في فن التشرية المكتمل بعد فيزال . قد يبدو هذا الحكم مسرفاً ولكنه يتطابق مع الواقعة القائلة بأن برنغاريو ، مع بقائه من دعاة التشرية الغالياني ، ظهر وكأنه قادر على انجاز اكتشافات مهمة بواسطة التجربة الشخصية .

وفي البحث عن ما يسميه « ماسا » من البندقية : حقائق الحواس (سانسافيرتا) في مقابل حقائق الكتب ، تم تحقيق خطوة جديدة على يد جان باتيست كانانو (Gian Battista Canano) . فقد اعد هذا المشرح الفراري خارطة تشريحية جميلة (موسكيلوروم هوماني كوربوريس . . 1541) وفيها ، بما يقارب ثلث النص يرفض تعليم غاليلان والمؤلفين الوسيطين ويتجاوزهم . واكتشف كاتانو صبايات الورد (1546) دون ان يستطيع تفسيرها بشكل صحيح .

المدرسة التشريحية في باريس - وبالمقابل في فرنسا حصلت يقظة الدراسات التشريحية في مونييه . ولكن خلال النصف الاول من القرن 16 ، اصبحت باريس المركز الذي لا ينزع بفضل تعليم جاك ديبوا (Jacques Debois) الملقب بسلفيوس (Dit Sylvius) وجان غونتييه داندرناخ (Jean Gonthier d'Andernach) . وكانا معاً خبيرين في الفيلولوجيا الكلاسيكية ومدافعين عن الغاليانية .

وكان عدد تلامذتها ونوعيتهم ملفتاً (فقد كان بينهم فيزال Vésale ، وايتان Estienne ، وفاسي Vassé ، وسرفيتو Serveto) . وبعد نشر كتاب فيزال والهجوم العنيف من سلفيوس Sylvius ، اصبحت المعلم والتلميذ عدوين لدودين . فقد هزا فيزال من طريقة سلفيوس في تعليم التشرية . رغم ان بعض اتهاماته تكذبها شهادة نويل دي فاي Noël de Fail الدقيقة .

ورغم ان درس سلفيوس غاليلاني الطابع بشكل اكيد فهو لم يكن كتباً كما يقال عادة . فقد احل محل النبيان السليبي للاحشاء ، التشرية العملي لكل الاعضاء ولكل الاطراف . وقد ساعد سلفيوس بشكل حاسم في وضع معجمية تشريحية واضحة ودقيقة . كما انه كان في اسام دراسة الجيوب الدماغية بواسطة تقطيعات طويلة وعرضية ، نشرها واذاعها تلميذه دريندر Dryander ، واستغلها فيزال . وحسن في تقنية الذوق التشريحي . وكان الاول على الاقل ، الذي اشار الى هذه التقنية في كتاب مطبوع .

لا شك ان سيلفيوس بمعارضته للإصلاح الذي قام به فيزال قد لعب دوراً سلبياً في تطور علم التشريح . وكان عماء المعتدي ، قد حمله - حتى ولو امام واقعة نُحْر نسيجي (موت نسيج حي) لا ينطبق مع الوصف الذي قدمه غاليلان - على ان يفضل ان يرى في هذه الواقعة تحلقاً في النوع البشري حتى لا يقول بخطأ العالم الاغريقي .

وفي سنة 1535 نشر الطبيب الإسباني اندريه لاغونا (Andrés Laguna) في باريس كتاباً في التشريح يتضمن اول وصف حقيقي صحيح لصمام في المعى الليفي الاعوري . وفي سنة 1539 حضر شارل اتيان (Charles Estienne) وهو عضو في جمعية الناشرين الباريسيين الشهيرة ، حضر بالتعاون مع الجراح اتيان دي لاريفير كتاباً تشريحياً مصوراً . ولكن للاسف قامت دعوى بين المؤلفين فاخترت نشر الكتاب حتى سنة 1545 . وهكذا سبق كتاب فيزال كتاب اتيان . وبالطبع كان كتاب الطب للطبيب والناشر الباريسي مكتوباً باللغة اللاتينية . ولكن اتيان بعد 1546 ترجمه الى الفرنسية بنفسه : « تشريح اجزاء الجسم البشري . » ولكن الآراء حول قيمة هذا الكتاب كانت مختلفة . ولكن من المؤكد ان اتيان كان ضد التقبل الاعمي للتشريح الغالياني . وقد اكتشف عدة اكتشافات مهمة وان كانت في نظر معاصريه غير مقدرة . مثلاً عرف اتيان الثقوب التي يمر منها الغذاء الى العظم ، وميز بوضوح بين العصب الحمي (سمباتيك) والعصب الرئوي - المعوي ، كما اعطى اول وصف مرضي للغضروف المفصلي في الفصل الصدغي الحنكي وكذلك في الرباط العظمي الدائري الكعبري (الزند الاعلى) .

كما رسم انتفاخات النخاع الشوكي ، و اشار لأول مرة الى وجود قناة الى غشاء جوف الدماغ من النخاع الشوكي كما لحظ وجود السائل الدماغى الفقري . ولاحظ اتيان ، مثل كانانونو Cananono الصمامات الوريدية دون ان يعرف اهميتها .

علم الايقنة (نسبة الى ايقونة) التشريحي - لقد وعى انسان عصر النهضة الكرامة المثل لانسان وظرفه البشري . وكان يعتقد انه سيد الطبيعة ، وذلك ، ليس فقط بسبب مكانته في النظام الديني ، بل ، وبشكل خاص ، بفضل قواه الذاتية ، ورغبته في التحكم . ان « الانثروبوستريسم » أي الايمان بان الانسان هو محور الكون ، الفلسفية والجمالية ، وقد اصبحت موقفاً مترسحاً ومعلناً ، جعلت الحكمة الدلفية : « اعرف نفسك بنفسك » حاضرة حضوراً ملحاً ، حتى في معناها الاكثر حرفية : المعرفة الفيزيائية للجسم البشري . هذا الجسم الذي - كما يقول المشرح ماساتال - هو الشهادة الاعظم على كمال الطبيعة . ان نظرة الرسامين مأخوذة بالعاري . وهذه النظرة تريد اختراق الجلد الى ما تحته . ولم يكن ليونارددا فينشي الوحيد بين الفنانين الذين اهتموا بالتشريح ، رغم ان احداً لم يُسَرَّحْ بمثل كفاءته : فيروشيرو Verrocchio ، ميكل انج Michel - Ange ، دورر Durer ، منتغنا Mantegna ، وروسو Rosso ، وآخرون كثيرون من المشهورين يمكن ذكرهم هنا . واذا كان

نشاطهم قد حصل دون ان يمس البحث العلمي، فقد كان له، مع ذلك، تأثير عميق على هذا البحث.

وعند المفصل بين القرن 15 والقرن 16 حلت المطبعة محل الايقنة (ايكونوغرافي) القديمة والوسيطية، دون ان تحدث تغيرات اساسية. وكانت الكتب الاولى المزينة بصور بشرية ترتدي طابعا تشريحياً مثل كتاب (فاسيكول مديسينا) (Fasciculus medicinae) للمؤلف جوهان دي كيثام (Johannes de Ketham) (البندقية 1491) ثم كتب ج. بيلينغ (J. Peyligk) (1499). وج. دي سبار (J. Despars) (1500) وم. هوندت (M. Hundt) 1501، ثم ج. ريش (G. Reisch) (1503) هذه الكتب تضمنت خشباً محفوراً رخيصاً وساذجاً في مظهره. في هذه الرسوم عالج الفنان لغة ايقونية لم تعد لغتنا. ان هذه الزيلوغرافية (الحفر على الخشب)، وهي تعيد ابراز نماذج كرسها العرف وارتبطت بمخططات تشريحية قديمة، لم تهدف إلى تحقيق صورة امينة للواقع. بل حققت رسيمات وايدوغرامات (رمز فكرة) لاعضاء يحتل فيها كل تفصيل قيمة رمزية.

وفي سنة 1518، زين الطبيب الالماني لورانس فريز (فريزن) (Lorenz Fries (Phryesen) كتابه: سيغل در ارزني (Spiegel der Artzny)، برسوم تشريحية بدت، من حيث مضمونها العلمي، قليلة الدقة كحال رسوم مغنوس هوندت (Magnus Hundt) 1501، ومع ذلك تبدو لنا اكثر ملاءمة. وهذا الاحساس يبدو ابرز في مواجهة لوائح جاكوبو برنغارو (Jacopo Berengario) 1522، حيث يبرز للعيان استبدال -تساقص- للرمزية في المحفورات الوسيطية بتقنية حديثة للرسم التشريحي. وبدت ايكونوغرافية شارل إتيان (Charles Estienne) اكثر غنى، وان لم تكن افضل دائماً. فقد كانت تشكو من صراع بين نهجين، إذ وجدت رسوم بدائية ذات طابع تقني محشورة داخل تأليف فنان دقيق يتلذذ بدراسة مختلف اوضاع الجسم البشري تلذذاً مادياً.

وبلغ الفن الجديد كماله في اطللس كانانو (Canano) 1541، وفيه بدت الرسيمات (زيلوغرافيا) وكأنها تراجع امام المحفورات على النحاس، كما في كتاب فيزال Vésale الضخم، 1543. وكانت الصور المتحركة، تظهر العضلات والعظام في حالة العمل، وكانت اخاذة في جمالها الاستثنائي. ولكن القيمة الفنية كانت تغطي احياناً على بعض الإعوجاجات. ولم يتحقق الثبت من ان الثورة الايقونية، أو الانتقال من الرمزية الى الواقعية، لم تقتصر تماماً بتقديم المعلومات التشريحية، إلا بعد مقارنة النص بالصورة. والتحليل الاستطرادي من قبل العلماء كان يأتي بعد التجربة الحسية التي يقوم بها الفنانون اكثر مما كان يسبقها.

فيزال (Vésale) - تبرز حياة أندريه فيزال (André Vésale) (اندري فان ويزل (Andries Van Wesel) الاسم اللاتيني بحسب العرف الانساني المغير الى اندريا فيزالوس (Andreas Vesalius) (Vesalius). الصفة الدولية للنشاطات الطبية في القرن 16. كان فيزال من اصل جرماني. ولد سنة

1514 في بروكسل حيث كان أبوه صيدلي الامبراطور . وتلقى فيزال ثقافة ممتازة كلاسيكية في مدينته التي ولد فيها ثم في لوفان ، وبعدها درس الطب في باريس ولوفان وبادو . وفي هذه المدينة الاخيرة ، وبين 1537 و1543، عَلم التشريح بنجاح كبير وحَصَرَ لعمله العظيم . وبعدها ترك البحث ومهنة التعليم ليصبح طبيباً خاصاً عند شارل-كانت (Charles-Quint) ثم عند فيليب الثاني . ورافق فيزال الامبراطور في حملاته واكتسب معارف ممتازة في الجراحة . وعاش في بروكسل ثم في اسبانيا ومات سنة 1564 فوق الجزيرة اليونانية زانتي اثناء عودته من حج الى الارض المقدسة . واذا كان بالامكان الكلام عن اعجوبة فيزالية بسبب الظهور المفاجيء لتقنية عليا في التشريح ثم لتمثيل شبيه كامل للاشكال التشريحية فيجب الاعتراف بأن هذا العمل يرتبط بممارسات مدرسة بادو ، كما استفاد من التوجه الطبيعي للتولين الايطالي .

والى حين وصول فيزال الى بادو كان يعاني من المصاعب في الحصول على الجثث، ومع الأسف، لم تكن اسطورة حكاية انه سرق من المقابر، ومن المشائق في باريس وفي لوفان جثث الاموات حتى يدرس هيكلها .

وفي كتابه تابولا اناتوميكا ، الذي أعد ونشر سنة 1538 ، من قبل جان اتيان كالكار (Jean Etienne Calcar) أحد تلامذة تيتيان (Titien) ، انستيتوسيون اناتوميكا الذي وضعه غونتييه داندردناخ (Gonthier d'Andernach) ؛ وكان فيزال في ذلك الوقت تلميذاً من تلامذة غالين (Galen) . وتحت تأثير معلميه البارسيين تجاوز فيزال الخطوة الاولى خطوة العودة الى المراجع الاصلية الاغريقية ولكنه لم يمتز الخطوة الثانية أي العودة الى الطبيعة بالذات . وكان يعلم أن غالين لم يمكن معصوماً من الخطأ ، فكان يرى أن النظام الغالياني في مجمله هو نظام لا شائبة عليه ، يكفي فيه تصحيح بعض التفاصيل . من ذلك مثلاً ، أنه في لوحاته ، صحح الوصف الكلاسيكي للساكروم (العجز) والفك (الذي كان يعتقد أنه ملحوم في وسطه) ووصف البروستات . وفي باريس سبق له أن اكتشف المصب الحقيقي للوريد الكبير الجامع [بين الوريدين الأجوفين] ، وأثناء اقامته في لوفان ، وأثناء تشريحه لجثة امرأة شابة ، شاهد لأول مرة في تاريخ العلوم ، الجسم الأصفر المبيضي . وكانت الستان 1539 و1540 المنعطف الحامس في حياته . ففي الوسط الليبراني في بادو ، ولأول مرة حصل فيزال على وسائل كافية للتشريح .

وثناء محاضراته في جامعة بولونية (ايطالية) حيث دعي اليها في كانون الثاني 1540، ليقدّم دروساً في التشريح ، اطلق تحدياً حقاً ضد التشريح الغالياني . هذه الواقعة كُشِفَ عنها حديثاً بعد نشر مذكرات التلميذ الالماني ب. هسلر (B. Heseler) الذي كان يحضر محاضرات فيزال . لقد رفض فيزال ، وهو يدعو الى اعتماد سلطة التشريح فقط ، القول بأن الكبد تتضمن خمسة تجويفات وانتقد ايضاً آراء اخرى للغاليان .

وطلبت دار النشر البندقية (دي جانت) ان يقدم ترجمة جديدة لاتينية للمكتب التشريحية العائدة لعلم برغام Pergame. وعاد فيزال الى المخطوطات الاغريقية وفهم ان غاليلان لم يُشرَح على الاطلاق جثثاً بشرية ، بل انه طبق على تشريح الانسان الملاحظات الحاصلة من جراء تشريح الحيوانات . واثبت ان علم العظام الغالياني يعود الى الفرد لا الى الانسان .

واذاً لا بد من اعادة صنع كل التشريح البشري من جديد . انه مشروع جريء وضخم ولكن فيزال الذي قارب الخامسة والعشرين من العمر ولما يكبد ، انصرف بكل حماسه اليافع ، الى الامر . وبخلال ثلاث سنوات اعد الاطلس الجديد للكون الصغير : « سبعة كتب حول بنية الجسم البشري » (نصف قطع) من حوالي 700 صفحة مع 300 صورة .

ورغم ان فيزال كان رساماً ممتازاً ، الا انه عهد بالقسم الاصعب من الصور (ايكولوجرافيا) الى رسامين محترفين يبدو أنهم كانوا يعملون في معمل تيتيان (Titien) ومساعد فيها « جان اتيان كالكار » (Jean Etienne Calcar) بعقبرته . وأشرف فيزال بنفسه على كل أعمال الرسامين ، ولأسباب نجهلها أصر على إبقاء هؤلاء مجهولين . وتم حفر الألواح الخشبية في البندقية ، ثم نقلت الى بال ، حيث في سنة 1543 ، وفي مطبعة جان اوبورنيوس (Jean Oporinus) وتحت الرقابة الشخصية لفيزال ، صدرت أول طبعة عن « فابريكا » . وبعد ذلك بعدة أسابيع نُشر مختصرٌ لاتياني عن هذا العمل : « ابيتوم » . وتضمنت الطبعة الثانية من الاطلس الكبير ، المطبوعة في ذات المدينة سنة 1555 ، صفحة جديدة للغلاف مضورة مع اضافات مهمة .

تضمن كتاب « هوماني كورپوريس فابريكا » Humani Corporis Fabrica سبعة أجزاء . الاولان مخصصان للعظم والعضلات ويستحقان اهتماماً خاصاً بسبب اصالتها وسبب توجههما التعليمي : من لم يُعجب بسلسلة الشهيرة من السلوخات ومن الهياكل العظمية وهي في مختلف اوضاع الحركة . ومن بين التجديدات تشير الى رسمة العظم الاسفيني (Sphenoide) والرسم (عظم المعصم) . والمثل المذكور غالباً هو من غير شك رسمة عظم القص . فسنداً لغاليان يتألف هذا العظم من سبعة عظام . وفي « نابولا » (Tabulae) 1538 كان فيزال مع التراث . وكان سيلفيوس (Sylvius) قبل ذلك بقليل ، قد لاحظ ان التشريح يكذب الرأي الغالياني ، ومن اجل انقاذ سلطة النصوص القديمة ، افترض وجود تضال تقهقري في القفص الصدري عند الانسان ، مع تضال تدريجي في عدد اجزاء عظم القص . ولما رأى اتيان Estienne ان القص في الجثث فيه ثلاثة اقسام لا سبعة ، انسحب من الامر بمهارة مدرسية خالصة فقال : ربما كان غاليلان Galien قد عدّد الاقسام منفصلة من الجهة اليسرى ومن الجهة اليمنى ، فاذا اضيف اليها الزائدة الغضروفية الرهاية يصبح عددها سبعة . وفوق لوحة من لوحات « فابريكا » قسم القص الى خمسة اقسام (وربما كانت هذه اللوحة هي الاقدم في الكتاب) ولكن في الرسم الخاص ، وكذلك في النص التفسيري بدت الحقيقة صارخة بيّنة .

ويعالج القسم الثالث والقسم الرابع من الكتاب الورد والشرابين والاعصاب . ولم يحافظ على المستوى المرتفع الموجود في الفصول الاولى . فاكثرت التجديدات مضللة . ومن بين اهم هذه التجديدات افكار عامة حول طبيعة الاعصاب .

أما الفصل الخامس والسادس فمخصصان للبحث في الاحشاء : احشاء المعدة ثم أعضاء القفص الصدري . وقد ورد وصف جيد جداً للامعاء ثم للمرارة في حين وصفت الكبد بشكل غير جيد وكذلك الطحال والكليتان والأعضاء التناسلية .

وقد وجد فيزال نفسه في وضع محرج : فهو مع تحرره من التشريح الغالياني ظل يقبل بالافكار القديمة حول الفيزيولوجيا ، وهي أفكار ضللت ملاحظاته . وتعتبر بحوث فيزال في القلب ذات أهمية خاصة . إذ انطلاقاً من هذا العضو سوف تقلب الفيزيولوجيا الغاليانية . فقد اقترب فيزال من معرفة طبيعة القلب العضلية ووظيفته المحركة ، الا ان افكاره المسبقة حول حركات الدم والارواح منعتة من الرؤية الواضحة . وقد لاحظ تواقى انقباض القلب (السيستول) مع تواقى النبض ، ولكنه كان مقتنعاً بان تمدد وتقبض القلب هما عمليتان سلبيتان ، ولم يستنتج من ملاحظته اي استنتاج مفيد . وانكر فيزال Vesale «العظيم القلبي» الذي قال به غاليلان ، واكثر من ذلك ، لاحظ انعدام المسام بين الحاجز الموجود بين البطينين ، وهذا امر مهم لفهم حركات الدم . وفي الطبعة الاولى من كتابه فابريكا ، اكتفى ، بهذا الشأن ، بإشارة ربما تكون ساخرة ، ولكنها بالتأكيد متروكة : وفي الطبعة الثانية ، صرح بوضوح بعدم وجود هذه المسام . ولكنه اعترف بشرف بأن تفسيره للقلب ينسجم مع تفسير غاليلان : « لا لاني اعتقد بأنه صحيح تماماً ، بل لاني أتردد في محاولة وصف جديد تماماً لوظائف القلب » .

واخيراً يشتمل القسم السابع على تشريح الدماغ ، ويعطي شروحات على تشريح الحيوانات الحية . ان وصف الجهاز العصبي المركزي هو بدون شك افضل ما في عمل فيزال : التمييز بين المادة البيضاء والمادة الرمادية ، ثم تمثيل ممتاز للبطينات وللغدة الصنوبرية وللحبيبات التوائم الاربع ، ثم الذنبيات (Pédoncules) الخ . أما الشبك الجميل (Rete Mirabile) الموجود في كتاب تابولا (Tabulae) فهو مرفوض نهائياً . ويشرح فيزال انه آمن لفترة من الزمن بوجود هذا التكوين التشريحي لانه عثر عليه عند تشريح الاغنام .

الا ان فيزال لم يتحرر تماماً من التشريح الحيواني . من ذلك مثلاً ان وصفه للوريد الاجوف وفروع الشريان الاعور يتطابق مع أوعية القرد لا مع أوعية الانسان . أما العين التي يصفها فليست عين إنسان . وقد اخطأ حين قال بوجود عضلة تذهب من الرقبة لترفع الصدر ، وان الشرايين الدماغية تنتهي في التجاويف ، وان المخاط يدرج من الدماغ الى الانف ، وان النخاع الشوكي يصل الى القناة العجزية . الخ . اما لائحة الإغلاط فهي طويلة ولكنها يجب ان لا تنسينا ، كما يقول هتشي ، ان فيزال قد انحرف عن المفاهيم الغاليانية في اكثر من مئتي نقطة . فضلاً عن ذلك لقد غير جذرياً

تقنية التشريح وحسن في التعاير التشريحية . واليه يعود الفضل في ايجاد تعابير بسيطة مثل الخوض «والصمام الميترالي» «المطرقة والسندان» .

خلفاء فيزال - رغم شدة بعض النقاد العضوضيين ، الذين اذتهم اللهجة غير الموقرة لتصاريح فيزال ، فان فضائل هذا الاخير لم تكن موضع شك . من المهم ان نشير الى ان الانتقادات لم تصدر كلها عن المدافعين الثابتين على عجة غاليلان . بل الاقصى من ذلك ، ان فيزال قد انتقد من قبل كولومبو Colombo الذي كان يخدم ذات المثال ، والذي كان يأخذ على معلمه بعض النواقص وبعض الاخطاء الغاليلية ، اي توفقه في منتصف طريق التحرير الكامل للتشريح .

ظلت بادو ، طيلة القرن 16 المركز العالمى للبحوث التشريحية ، رغم ان فيزال كان قد ترك هذه المدينة منذ 1543 . واتم تعاليمه ، في بادى الامر ريلدو كولومبو (Reldo Colombo) ثم غابريال فالوبيو (Gabriele Falloppio) ثم جيرالومو فابريسيو (Girolamo Fabricio) داكوابندانتى (d'Acquapendente) معلم هارفي (Harvey) .

ويعد اقامة قصيرة نسبياً في بادو ، علم كولومبو (Colombo) التشريح في بيزا وفي روما . وبفضل حسن نقدي متطور جداً ، وبفضل امكانية اجراء عدد كبير من التشريجات ، استطاع هذا المشرح العالم ان يصحح وان يكمل عمل فيزال حول عدة نقاط ، وخاصة في وصف مضمون القفص الصدري باستثناء الرئتين («مدياستين» = المنصف) ، والاغشية المصلية وعضلات الحنجرة والعين . وبين كولومبو ان الدم يمر من الرئتين الى الاوردة الرئوية ويصل اذاً بهذا الطريق من البطن الايمن الى البطن الايسر من القلب . ووصف في فصل خاص المظاهر غير الطبيعية للاعضاء ، بحيث اصبح بعد ، آ. بنيفيني (A. Benivieni) (1507) رائد التشريح الباثولوجي الطبي . وكتابه «دي ري اناتوميكا» (De re anatomica) (المشور سنة 1559 ، بعد موت كولومبو) كان مقدراً جداً بسبب لغته الواضحة جداً والبسيطة . وكان ينقصه فقط الصور الابضاحية .

كان غبريال فالوبيو (Gabriele Falloppio) (فالوب) من مودين (Modène) الاستاذ في فرار (Farrare) ثم في بيزا (Pise) ثم في بادو (بعد 1551) ، محضر تشريح بارعاً ، وقد ألف «الملاحظات التشريحية» (البندقية 1561) . وكان بعد فيزال ، اشهر حرفي صناع للتشريح الجديد ، ولم يخطئ المؤرخ الالماني هيزر (Haeser) عندما أكد ان فالوب (Falloppe) تفوق على فيزال بدقة ملاحظاته وبعده اكتشافاته . فقد وصف حبل الطيلة ، والاقنية النصف دائرية في الاذن الداخلية ، والتجويف الاسفيني (Sinusphénoide) ، والقناة المهبلية ، الخ . وقد لاحظ فالوب ، وهو يصحح فيزال ، ان الشرايين الدماغية لا تنتهي في التجاويف ، وان النطقة البشرية ليس لها حويصلة مشيمية (allantoides) ، الخ . وأقر التشابه في الاعضاء التناسلية بين الرجل والمرأة . واخيراً ، كان الاول بالكلام عن تشريح الاقسام المشابهة ، مستشعراً بالتالي فكرة النسيج . وأسس خليفته على كرسي التشريح في بادو ، فابريسيو داكوابندانتى ، مدرج التشريح في هذه الجامعة ، واعد اطلساً عظيماً

بالألوان للتشريح المقارن (ما يزال حتى الآن بشكل مخطوط) ، وعلم الدراما المنهجية لعلم النطفة ووصف الصمامات الوريدية .

وكان هناك عالم بالتشريح من مستوى فيزبال وفالوب ، يعمل دون اتصال بمدرسة بادو : هو بارتولوميو استاشي Bartolomeo Eustacchi (استاش) استاذ في جامعا ساپينزا Sapienza في روما ، وكان انسانيا ذا علم موسوعي نادر ، وبذات الوقت طبيباً ومشرحاً . فعدا عن العديد من الاكتشافات عن طريق التشريح وفقاً لاسلوب فيزال (القناة التي تحمل اسمه ، عضلات المطرقة والسندان ، الغدد الكظرية (فوق الكليتين) ، الخ) . دشّن هذا العلم « آناتوميا ارتيفيسيزا وستيلوس » (كما اسماه مؤلفو القرن 17) أو تشريح الانسجة ، الذي اراه التركيب الدقيق للاعصاب وللنسيج الكلوي .

نشير أيضاً الى مدرسة بولونيا بقيادة قسطنطين فاروليو (بحوث حول الدماغ) وجوليو سيزار ارانزيو (Giulio Cesare Aranzio) وكان في عصره عارفاً لا يبارى بالتشريح الجنيني) ، والى مدرسة فزار بقيادة كاتانو ، والى مدرسة نابولي بقيادة جيوفاني فيليبو انغراسيا (Giovanni - Filippo Ingrassia) (استقصاءات عظمية ، اكتشاف الحويصلات المنوية الخ) ، ومدرسة بيزا مع غيدو - غيدي (Guido guidi) (فيديوم) استاذ قديم في الكلية الملكية في باريس (وخاصة البحوث حول عظام الجمجمة) ، وخارج إيطاليا يشار الى مدرسة مونبليه مع غليوم روندلي (Rondelet) (الذي أسس سنة 1556 مدرجاً للتشريح ، كما كان مدققاً بارعاً واصيلاً) ومع اندري دي لورنس (André du Laurens) وكذلك مدرسة بال مع فليكس بلاتر (Félix Platter) وتيودور زونجر (Theodor Zwinger) وغاسبار بوهين (Gaspard Bauhin) .

وظلت باريس لمدة طويلة قلعة الغالبانية . في هذه المدينة لم يزدهر الاتجاه الجديد في البحوث التشريحية الا بخلال القرن اللاحق . واذا كانت كلية الطب قد حاربت كل تجديد ، فقد كان الاطباء يفضلون الحس السليم وشهادة العين المباشرة على التعليم التقليدي . وكانوا يشرحون بسوعي دون أن يصلوا مع ذلك الى اكتشافات مهمة . ونشرت اعمال باري (Paré) ، وبصورة خاصة كتابه « الاناتوميا الشاملة للجسم البشري » (1561) افكار فيزال لدى الممارسين . وعلى الرغم من أن كلية الطب في باريس ، احتفظت حتى نهاية القرن بموقف تقهقري تجاه البحث التشريحي ، فان احد اساتذتها ، جان فرنل ، هو الذي ، بعد 1542 ، اطلق الحملة الجميلة التي كثيراً ما كررت من بعده : ان التشريح ضروري للطب كضرورة الجغرافيا بالنسبة الى التاريخ .

II - الفيزيولوجيا

الفيزيولوجيا عند فرنل Fernel - في سنة 1542 ، نشر الأستاذ الباريسي جان فرنل كتاب « دي ناتورالي باري ميديسي » ، وكان أول دراسة (مؤنوغرافية) وافية حديثة حول « الفيزيولوجيا » . وابتكر فرنل الكلمة ، وفي الطبعة الثانية من الكتاب المذكور ، استخدمها في العنوان الجديد :

« اونيفرسا مدسينا ليبر برعوس : فيزيولوجيا ليبري سبتم » (باريس 1554) . وفي الترجمة الفرنسية اصبح العنوان : « الكتب السبعة حول فيزيولوجيا الطبيعة الانسانية » . وكمدخل الى الطب ، يهدف كتاب « الفيزيولوجيا » الى درس الانسان بالنسبة الى « الأمور الطبيعية » (رس ناتورالي Res naturales) لتمييزها عن « الأمور الطبيعية وفوق الطبيعية » (رس براتر ناتورام وسوبر أناتورام) . *Supra naturam, res Praeter naturam* . وقد حدد كهدف للفيزيولوجيا المعرفة : « حول طبيعة الانسان السليم ، وقواه ووظائفه » . ان فيزيولوجيا فرنل تختلف تماماً عن الباتولوجيا وعن الدراسات العيادية ، وهي لا تنفصل عن التشريح وعن السيكلولوجيا . وهذه الفيزيولوجيا تدخل في علم أناسة (انثروبولوجيا) نفسي وجسدي ، وفيها لا يمكن درس الجسد بدون النفس ، والشكل بدون الوظيفة .

وبعكس فيزال ، الذي فتح حقبة جديدة في البحوث التشريحية ، يمثل فرنل ذروة النظرية القديمة اكثر مما يمثل بداية مقارنة جديدة في دراسة الوظائف الحيوية . وقد اشتقت العبارة اشتقاقاً الا ان العلم الجديد لم يتكون رغم ذلك .

والنوم يبدو لنا عمل فرنل وكأنه الجهد الاخير الكبير ، المبرر تاريخياً ايضاً . من اجل بناء نظام فيزيولوجي استنتاجي غائي ، مرتكز على معاني النوعية ، ومتجاهلاً أساليب التجريب الكمي . ان فرنل يرى بأن النفس هي المبدأ وهي السبب في كل وظائف الكائن الحي . فالنفس « بقدراتها الطبيعية » تحرك الجسد ، وتهضم الاغذية الخ . و« الانفاس » او الانسام (= الارواح) تستخدم كواسطة بين النفس والاعضاء : « فالانسام الطبيعية » تساهم في التغذية وفي النمو ، اما الانفس الحيوية فتنبش حركة الدم والنض والتنفس . اما « الانفس الحيوانية » فتجعل الحركات ممكنة ، حركات العضلات والادراكات من خلال الحواس . في هذه الشبكة العامة تدخل بلون صعوبة ، العقيدة الكلاسيكية حول العناصر ، والصفات ، والامزجة ، والطبائع . ان علم التشريح يبدو ، من حيث المبدأ ، كأساس تفسير عقلائي للوظائف الفيزيولوجية الكبرى ، ولكنه ، في الواقع مرتبط باحتياجات تفسير غائي عالي التأمل . وظل غاليلان المعلم الاكبر . واذا كان فرنل ، في كتابه الفيزيولوجي قد ذكر غاليلان 18 مرة فانه استند الى ارسطو ثمان وثلاثين مرة .

ولم يكن التشريح ، بمفرده قادراً على التغلب على العقبات العلمية المعرفية التي كانت تقطع الطريق امام الفيزيولوجيا . لقد شاهدنا تردد أمثال فيزال عندما يتعلق الامر بمعارضة غاليلان في مجال يتجاوز علم الشكل (مورفولوجيا) . ومع ذلك فقد كان لديه فكر انتقادي ممتاز ، واكثر من ذلك ، كانت له تجربة اكيدة في علم تشريح الحيوانات الحية . وقد درس فيزال على المختازير الحية ، وظيفه الاعصاب ومارس حتى استئصال الطحال تجريبياً . اما كولومبو ، فقد خصص في كتابه التشريحي فصلاً للتشريح على الحي ؛ وهنا ايضاً وردت ملاحظات حول القلب والدماغ والدورة الرئوية عند الكلب .

واجري غيدو غيدي Guido Guidi ، وف . كواتر V. Coiter ، وغيرهما ، تشريحات حيوانية على الحي .

واستخدم فرنل بنفسه مثل هذه الوسائل كما دلت على ذلك تجربته حول توقيت الانقباض القلبي والنبض .

العقيدة القديمة والاتجاه الجديد - ظلت الفيزيولوجيا ذات الاستلهاام الغالياني العقيدة السائدة طيلة القرن 16 ، ولم تكن فيزيولوجيا بالمعنى الحديث للكلمة بل نوعاً من الاتروبولوجيا (علم الاناسة) الغائية التي تشكل فيها الأحداث (البسيطة) النفسانية عناصر فيزيولوجية بالمعنى الضيق للكلمة . وعبر المغامرة الوسيطة تقلصت الغاليانية نوعاً ما ووصلت الى القرن 16 مع مزيج كبير من الارسطية .

وإذا كان فرنل هو أعلى تعبير عنها، فان المؤلفات العلمية الدينية ، بخلاف الحقبات الوسيطة المتأخرة جداً ، مثل « دي ناتورا هومينيس » للاسقف غمزيوس (Némésios)، قد تمتعت دائماً بمكانة قلماً مست ؛ وقد أعيد طبعها عدة مرات واستعملت ككتب متداولة .

ولم تؤد المعرفة الافضل للمورفولوجيا (علم تشكل الحيوانات) الداخلية للانسان الى اعادة النظر بالوظائف الجسدية ، بصورة مباشرة . اما التيارات التجديدية فقد نشطتها عوامل اخرى . وفي فجر الفيزيولوجيا الجديدة ظهرت في البداية بواكير الطب التجريبي والتأملات حول النظام الكيفي في مؤلفات نقولا دي كوي (Nicolas de cues)، ثم البحث عن تفسيرات الحيوية الميكانيكية (بيومكانيك) التي ظهرت اثارها موزعة في مذكرات ليونارد دافنشي Leonard de Vinci، ثم اشعاع الافلاطونية الحديثة ، ومفاهيم جديدة للخيمياء بشأنها وضع باراسلس هجوماً عنيفاً ضد عقيدة غاليان .

وقد سبق في القرن 16 ، ان قامت حملة جادة ضد النظام القديم لدورات الدم والارواح . ان مرور الدم من النصف الايمن الى النصف الايسر من القلب عبر الرئتين قد وصفه سرفيتو - (1553 Serveto) ثم كولومبو (1559)، ثم فسر سيزالينو (Cesalpino - 1571) في اطار نظرية حول « الدورة الدموية » اعم انما مبهمة نوعاً ما . ومن الممكن ، عن طريق الباغو (Alpago)، ان يكون بعض العلماء الايطاليين قد عرفوا معلومات ابن النفيس وهو يتكلم عن مرور الدم بالرئة⁽¹⁾ . ولكن باجل (Pagel) اثبت ان اعتبارات فلسفية لعبت في صياغة هذه الرؤى الجديدة، دوراً على الاقل لا تنقص اهميته عن اهمية الملاحظات التشريحية .

ونحن مدينون لباراسلس (Paracelse) بالعقيدة الوحيدة المتناسكة والتي تتعارض تماماً مع الفيزيولوجيا الكلاسيكية . ان الفيزيولوجيا الباراسلسية ، المشبعة بالتصوف وبالخيمياء وبالتنجيم ، لم تكن تتميز ، برأينا ، الا بفضيلة واحدة حقة : هي الاصاله . اذ لم تعد العناصر القديمة والامزجة تعتبر المكونات النهائية للمادة وللجسم البشري ، بل كأجسام مركبة . واصبح « الكبريت » و« الملح »

(1) راجع المجلد 1 ، القسم الثالث ، الفصل 2 .

كيميائي ، يتناسب أكثر مع المبادئ : « الاحتراق » ، و « التبخر » و « الصلابة » ، لا كمواد بالذات .
و « الزئبق » تمثل العناصر الثلاثة الكيميائية التي تشكل ركيزة الطبيعة . ويجب فهم هذه الكلمات بمعنى
والقوة أهم من المادة . والروح تتحكم بالحياة وليست الامزجة . ومفهوم « الروح » [اسم
أطلقه الكيميائيون على مبدأ الحياة] وهو نوع من الروح تتحكم بالوظائف الحيوية ، ثم نوع من الفلسفة
النجمية المعقدة وأخيراً افتراض سلسلة من « الانتبا » (الكينونات) تطيع الرؤية البارسلنية بطابع
الحتمية العضوية المندجة في نظام كوني .

وكان التأمل الأكثر اضلالاً مجازي تجريبية مبشرة بالخير . وهكذا ، ومع الباراسلسيين حل الوزن
والفحص الكيميائي للبول محل النظر اليه الذي كان سائداً في القرون الوسطى .

وسنداً لدييجن (Diepgen) ، أضاف باراسلس الى النظرتين الكلاسيكيتين في الفكر الوسيط
[« مادية » العقيدة المزاجية و « ميكانيكية » الذرية (من ذرة)] . أضاف مفهوماً ثالثاً هو « الديناميك

[لا ان تيودور زوينغر (Theodor Zwinger) عندما كتب سنة 1580 (تقريباً) كتابه :
« فيزيولوجيا مديكا » (طبع سنة 1610) كانت أهم مصادر علمه ، ودائماً ، غاليلان وابن سينا
الحيوي » او التفاعل الحيوي . وبهذا الشأن لم يعد المعتقد الغاليلاني ، في القرن 16 ، هو المعتقد الوحيد
الممكن لدى الاطباء .

الفصل الرابع :

فن الشفاء

I - تطور عقيدي وانتشار تعليمي

الاصول الميتافيزيكية للمرض - تجددت الدروس القاسية في الباثوجنية (تولد الامراض) المقدسة ، التي سبق ونص عليها العهد القديم ، في العالم المسيحي ، متجسدة في أعين الجماهير من خلال الزينات التي تناول المعجائب الوسيطة : في الافريزات (Frises) ، وعند أقدام « الاب الازلي » ، ومكان السماء. السابعة والملائكة والقدسين ؛ وعلى المسرح ، البشرية المعذبة والخاطئة : وفي الأسفل يفتح الجحيم فمه الملهب بشياطينه وبجرمه . ومن طبقة الى طبقة تتعدد العلاقات . ويبد منتقمة يرسل العلي القدير المعجائب والمصائب . وفي الوحوش استشف امبرواز باري (Ambroise Paré) علامات « غضب الله » . وكثر القديسون وهم خلفاء الالهة المحلية الصغيرة ، وورثة العبادة التي اصبحت مسيحية ، عبادة الاشجار والاحجار والمياه (وخاصة المياه الحارة) ، هؤلاء القديسون المتخصصون المعينون من قبل التراث الشعبي أو الاسطوري لرعاية المرضى والحجاج اعطوا او ابرأوا من الأمراض. ومن الجوزاء اخذت الكواكب تصب على الاحياء حمها الدورية . وعلى الأرض اخذ المسحرة، وهم رسل القوى الأرضية، يفتشون لعنائهم . وبعد أن اصاب الطاعون جنيف ارسل كالفن (Calvin) الى المحرقة اربعة عشر مسكيناً بتهمة اثارة الطاعون بفضل تعزيماتهم . وقامت الجحيم وانتصبت مع الجن والشياطين الذين يحرضون الناس على المعصية : الا يقول الرسول بولس (الرومان 5-2) ان الخطيئة هي التي ادخلت المرض والموت الى العالم . وربط الانتقال الخفي بقايا السحر البدائي بصنع المعجزات المسيحية واساطير التراث الشعبي ، على هامش التأملات العقلانية في العلم المدرسي . وقام بعض الأطباء الاسبان والاطليان والفرنسيين ، مثل لويس لوبرا دافيللا (Luis Lobera d'Avila) وج. ب. سيلفا تيكو (Silvatico) وف. رانشين (Ranchin) ، يصرون على الهامهم الديني ويدعون الى طب كاثوليكي .

الارث الغالياني اليهودي العربي وحركة الانسة - يتألف القسم الاعظم من التراث الطبي من مخلفات الحضارة العربية : فهناك من جهة ترجمات اسحاق، وعلي بن عباس، وأبقراط وغاليان على يد قسطنطين الافريقي. ونقلت هذه التراجم بفضل مدرسة سالرن . وهناك من جهة اخرى

ترجمات الرازي وابن سينا وابو القاسم Abulcasis ، على يد جيرار دي كريمونا Gérard de Crémone ومدرسة المترجمين في طليطلة وقد تعدد اولئك الذين يطببون وفقاً لكتب ابو القاسم او كتابات ابن سينا الذي ظهرت اول طبعة لاتينية له في ستراسبورغ سنة 1473 والذي اعيدت طباعة كتبه سنة 1527 من قبل الجنت Junte. وفي سنة 1593 نشرت مطبعة آل مديسيس Médicis في روما طبعة فخمة لكتاب القانون لابن سينا بالصيغة الاصلية . ولكن اذا كان الطب الاسلامي قد لقي بعض المؤيدين في شخص لورانس فري Lorenz Fries (الدفاع عن ابن سينا، ستراسبورغ 1530) وب. انجر دي توبنجن B.Unger de Tubingen (الدفاع عن الطب العربي 1533) ، فممن 1492 على يد ليونيسينو Leonicino (الطب الغربي) ، أخذ هذا الأخير يُجَرِّحُ اخطاء ابن سينا ، وبعد ذلك جاء سانفوريان شانبيه Symphorien champier يشهر « بالكتاب العرب الذين زوروا عقيدة الاغريق » .

الا ان المصادر الاغريقية لم تكن مجهولة . فقد عاد الصليبيون من الشرق ببعض المخطوطات الثمينة والكنوز النادرة التي اخذ الانسانيون في جمعها وتوثيقها . والاكثر من نصوّصها الاصلية يساعدهم في ذلك ما حصلوا عليه من تراث بيزنطي ومن ترجمة لهذا التراث . وعمد ليناك Linacre الذي حاول ان يترجم غاليلان ، الى تصحيح عباراته على يد معلمه وصديقه غليوم بودي (Guillaume Budé) . وفي باريس تخصص الاسقف غليوم كوك بلغة الهلاديين (اليونان) . وفي الكلية الملكية اخذ غيدو غيدي (فيدوس) ولويس دوري (Louis Duret) وفي الكلية اخذ جون غوريس (Jean de Gorris) وجان هوليه (J.Houllier) في شرح أبقراط ، وعلم غونتيه اندرناخ (Gonthier d'Andernach) اليونانية الى لوفان (Louvain) . وقدم جيوفاني كريستون (Giovanni Crestone) كتابه القاموس اليوناني اللاتيني (1499) الى الطلاب المهتمين ، وقدم بيار جيل دالبي (Pierre Gilles d'Albi) أيضاً « قاموساً » يونانياً لاتينياً ، (1532) . ثم جاء بعده ونوف عليه كتاب أونومانتيكون ميديسينا (Onomasticon Medicinae) . (لاوتو برانفلز (D'Otto Brunfels) (1534) . ويعدّه أيضاً القاموس الطبي . (1564) ، موجز بالترادفات الطبية اليونانية واللاتينية لمؤلفه ه اتيان (H. Estienne) . دون أن نحسب كتاب كنز اللغة الاغريقية لنفس المؤلف (1572) ، وهكذا بدا الطب في عصر النهضة كطب لغوي .

وقامت المطبعة تسد النقص والندرة في المخطوطات فعملت على اكمال نشر المعرفة . وجاءت كتب سلس (Selse) ، سابقة على غاليلان ، طبعة سنة (1478) في فلورنسا . وقامت مطابع الادي (Alde) في البندقية ، ومطابع اوبورينوس (Oporinus) في بال (Bâle) وفي ليون مطابع تريشل (Trechsel) ، ورويه (Rouillé) . . ومطابع مارفيف (Marvif) في بواتيه ، وويشسل وايتان (Wechel et Estienne) في باريس ، ومطابع بلانتان (Plantin) في انفرس (Anvers) . وخرجت من هذه المطابع هذه الطباعات الجميلة المصورة المزودة باللوحات وبالفهارس التي تجعلها مفيدة وسهلة للمراجعة ، وتضع في متناول الجميع النصوص الكلاسيكية المصححة وغير المشوهة او المحرفة من قبل النساخ اليهود والقرسيين كما قال فيما بعد غي باتان (Guy Patin) « حثالة الزخرفة » وكان رابليه (Rabelais) مبتدئاً في الطب منته (1531) ولكنه نال الشهرة عندما شرح . أبقراط امام طلاب مونبليه . سنداً للدروس غير منشورة اخذها عن مخطوطة اغريقية اكتشفها واعاد طباعة « افوريسم »

(Aphorismes) في ليون في مطبعة غريف (Gryphe) سنة (1532)، ثم نُجِّدَ جهود جيوفاي مناردي (Giovanni Manardi) من فرار من أجل العودة الى الاصل الاغريقي الصافي؛ وقُدِّمَ للطبعة الثانية من المجلد الثاني من كتابه ابستولا مديسينال (Epistolae Medicinales) التي خرجت في نفس السنة من نفس المعمل .

اما الذين لا يفهمون لغة هوميروس، فقد كان امامهم العديد من الترجمات الى اللاتينية . وعن الافوريسم لأبقراط لن نذكر إلا ترجمات ت. غازا Th. Gaza (البندقية 1493) وترجمات ليونيسينو Leoniceo (فرار 1509) . ومن أجل التوجه الى عمل المعلم اقترح أ. فوز A. Foës ، ود. بومي D. Pomis وغيرهما فهارس وسجلات ، واعد جانوس كورناريوس (Janus Cornarius) ترجمة جيدة للمجموعة الأبقراطية (البندقية 1545) ، وفي حوالي اواخر القرن ظهرت الطبعة اللاتينية الضخمة (فرانكفورت 1595) التي خصص لها انيس فوز (Anuce Foes) كل حياته واعطى غوثيه داندرناخ (Gonthier d'Andernach) كتاب بول ايجين (Paul d'Egine) وعنوانه دي ري مديكا (De re medica) (1532) . واما كتاب غاليلان المسمى موتومسكولوروم (Motu Musculorum) ، فترجمه ليونيسينو (Leoniceo) ترجمة لاتينية أولى ولكنها نشرت فيها بعد في لندن من قبل ليناعر (Linacre) .

وقد يحدث ان يتضمن النص الاماسي غموضاً : وهنا يتوجب جعل المؤلف منسجماً مع نفسه او مع آراء الكتاب الاخرين المختلفة عن آرائه . وحاول أندريه لاغونا (Andrés Laguna) ان يوفق بين ابقراط وغاليلان في كتابه المسمى ابيتوم (Epitome) (ليون 1553) . وقد راجعه جون بليتييه (J. Peletier) في كتابه المسمى كونسيلياسيون لوكوروم غاليني (De conciliatione locorum Galeni) (باريس 1560) . وهكذا تراكم نقد النقد وتأويل التأويل أو شرح الشرح ، وهو عمل تعليمي مسبق منذ زمن بعيد من قبل الشراح العرب واليهود ، يدل على براعة المدرسين .

ومن جهة اخرى لم يتورع علماء زمان عن تزيين هذه المحاضرات الناشئة تقريباً ببعض الآراء الكيفية : ترجم جون غوريس Jean de Gorris وجاك غريفن Jacques Grévin كتاب « ترياق » لنيكاندر Theriaca Nicandre ، واضيفت الى الترجمات من اليونانية الى اللاتينية ، والى نشر النصوص الكلاسيكية باللغتين الاغريقية واللاتينية ، ترجمات ومقتطفات باللغات الدارجة . واذا كان باراسالس Paracelse قد ارتكب فضيحة في بال حينما أحل الالمانية محل اللاتينية في محاضراته وخطاباته ، فقد بدت اسبانيا أكثر تساهلاً . في سنة 1551 ، ظهر في فالادوليد Valladolid كتاب اناتوميا الانسان بقلم برناردينو مونتانا Bernardino Montana من منسرات Monserrate . وكتب لاغونا Laguna في انفرس ، سنة 1555 ، ترجمة . لديوسكوريد De Dioscoride باللغة القشتالية . وفي سنة 1559 ظهرت نسخة في روما ، باللغة الايطالية عن « تاريخ تركيب الجسم البشري » للاسباني الفلرد .

وفي فرنسا أيضاً وقع التحرر . فطالب سبستيان كولان (Sébastien Colin) وجاك غريفن (Jac-

(ques Grévin) باستعمال اللغة الفرنسية حتى في الطب . وفي ليون نشرت ترجمة فرنسية لمختلف كتب أبقرات وغاليان وأوريان . وأقدم ترجمة فرنسية مطبوعة عن افوريسم (Aphorismes) لأبقرات هي ترجمة جهان براش (Jehan Brèche) (باريس 1550) ، وقد أعيد طبعها عدة مرات . ويلحق بهذا التأليف جان بوميه Jean Bomier الذي نشر في نيورت Niort سنة 1596 ، « شرح الماثورات بالشعر الفرنسي » . وكان جوليان بيرى (Julien Béré) ضد هذه المحاولات (1572) .

وإذا كان مقبولاً القول بأن جون كانابي Jean Canape قد جدد كتاب « الجراحة » لفي شوليك Guy de Chauliac خدمة للرفاق الجراحين ، وإذا كانت « المدرسة » تملأ رؤوس الخلائق بالفرنسية ، فإنها كانت ترفض على الإطلاق اباحة العلم باشاعته بين الناس . فقد كانت ترفض لعدم الكفاءة ، وللمساس بحقها الحصري في التعليم ، هذا الوقع امبرواز باري Ambroise Paré ، هذا الخلاق الذي يزعم لنفسه انه جراح طويل الباع والذي يعلم فنه خارج منبره ex-Cathedra وحتى ينظمه شعراً ، ولكن انتاج باري Paré ، المتقن اثار حفيظة الدكاترة .

ان الطب الابقراطي الغالياني - وقد دعا له في انكلترا ليناكرا Linacre ، وفي باريس ج. بايو (Baillou) وج. غوريس (J. de Gorris) ودوريت (L. Duret) ول. جويرت (L. Joubert) ، وفي ليون س. شامبيه (S. Champier) ، وفي إيطاليا ن. ليونسينو (N. Leonicino) ، وبولو جيوفيو (Paolo Giovio) ودافيد دي بوميس (Pomis) - ظلّ شائعاً بثلاثيته المزاجية (الدم ، الصفرة ، الاطربيل او السوداء والنخام او البلغم) وبعقيدته التي تربط بين الامزجة وسوء تكون الدم وتفاعله (ديسكرافي) . وتصوره لتصنيف الامراض والامزجة الآتمة التي ، من مرحلة الفجاجة ، تنتقل ، في الايام العصبية ، الى امزجة الاطعمة والاضراج الفجائي بتأثير من الطبيعة المطيية (Natura Mediatrix) . ما لم تنقل بحظ تعيس الى نقطة اخرى من الجسم ، فتحدث فيه تغييراً في مركز المرض . والى هذا تضاف العلامات الدالة على المرض والتي تنبئ عن هذه الانفعالات . وعلى كل واجهت النظرية المزاجية خصماً قوياً : باراسلس Paracelse ، طبيب من اصل سويسري اراد ان يستبدل الثلاثية الكلاسيكية بالمبادئ الخيمائية الثلاثة : الكبريت والملح والزئبق . وتصور باراسلس ان كل الامراضية (الباتولوجيا) متعلقة بتفاعلات كيميائية معروفة يومئذ ، ولكنه اعطاها تفسيرات احيائية .

بقاء التنجيمية او الايمان بالعلوم الخفية - على هامش الانظمة العقلانية تولدت من جديد انحاءات التنجيمية . وهي قد ترسخت لدى الاطباء اليهود . وجدت صداها عند باراسلس وفي الصوفية في الروح الالمانية ، كما بهرت عدداً لا يستهان به من الاطباء الفرنسيين والاباطالين والاسبان . وظل دماغ كاردان (Cardan) سابحاً في احلام افلوطين ، وفي فرنسا لم يكن شامبيه (championier) بعيداً عن كتابات مارسيل فيسان (Marsile Ficini) . وفرنل (Fernel) بذاته استسلم لمجذب السحر والغموض . اما الرأي العام الشائع فانه لم ينصرف ابداً عن العلاقات بين العالم الصغير اي الانسان ومجمل الكون : ليس فقط من خلال الاطار المناخي الذي عاجله أبقرات ، بل وايضاً من خلال

الاحداث الفلكية والفصلية التي تنظم ، مع اشغال الكرمه والحقول ، الحياة النباتية والحيوانية ، كما تنظم مجرى الشفق والدم . واذا كان التراث الشعبي يؤمن بالتنظيم سندا للالهة والفصول والتواريخ المؤاتية من اجل الحجامة او الفصد والتطهر والاستحمام وحلق اللحية والشعر ، فان رجال الفن لا يعارضون في ذلك . ان هذه المبادئ وقد جمعت في كتاب الأدرلسمان حول التعويذات القديمة الألمانية هي مقبولة لدى السلطات الروحية . يقول الاخ لويس دي غريناد (Louis de Grenade) بان المد الكواكبي هو أحد الفعاليات في « المناطق الأولية » الطبيعية ، وان القمر يحدث نوعاً من « التخريب » في الجسم البشري ، وبخاصة في المرضى وذلك عند تمامه ومحاقه وعند كسوفه . وكذلك يقول كالفن (Calvin) هناك « نوع من العقد بين الكواكب واحوال الجسم البشري » . وهكذا تتحكم الظاهرات السماوية بالمرضية العامة : ويعزو جاك بليت (Jacques Peletier) في كتابه (الطاعون 1563) الطاعون الى توافق اتصالي بين زحل والمشتري . ويقول جيهان اسبين (Jehan de l'Espine) ان مذنب 1533 ، ولد فناء في عدة أمكنة . ومن جهة اخرى تتأثر الاحشاء ، داخل الفرد بما يقابلها في الكواكب . فالقلب محكوم بالشمس ، والدماغ محكوم بمجرى القمر . أما زحل البارد فيتحكم بالسوداوين ويحكم انه ناشف يتحكم بالبخلاء ؛ والقمر يحكم انه رطب فهو يتحكم بفيزيولوجية المرأة . أما الزهرة فتدفع باتباعها الى الاباحية واما المريخ فالى الشجاعة والشهامة . ثم ان طابع هذه العلاقات الكوكبية تبدو ظاهرة في بعض الاشخاص وعليهم سياتها . وقد توسع فيليبو فينلا Filippo Finella في هذا الشأن ، وخاصة في خطوط اليد . وعرف العلم العجيب « أو » التبصير « Chiromancie ذروة ازدهاره في القرن 15 و 16 مع برثولوميو ديلا روكا Bartolommeo della Rocca الملقب بكوكلس Coclés (شيرومانتيا . . . اناستازي Chyromantiae... anastasis بولونيا 1504) ، ومع جان انداجين Jean d'Indagine ، (1522) ، الخ . في الكف تتسجل في تصميم مختصر للجسد مقابلات الصعد الثلاث الفكرية والكواكبية والبداية التي تتحكم بالاحشاء . وكذلك الحال فيها خص الفراسة والزري الخارجي العام للجسد . لا نقول أن هذه المعطيات لا تستحق الاهتمام ، فالإنماء والمواقف تقدم للملاحظة الطبية معطيات ايجابية : فقد حاول ج. غراتارولي G. Grataroli من برغام (1554) والنابوليتاني ج. ب. دلا بورتا (J.B. della Porta) ان يعودا بالفراسة الى السميوتيك (علم العلامات والمؤشرات) . لقد صور قلم ليونار دا فنشي العجز الهرمي ، ومن حركة اعصاب الوجه ، التي تعبر بها عن نفسها المشاعر الاخلاقية استخرج تقطيع الوجه .

ولكن يجب ان لا نكتفي باستخراج الاستنتاجات الفيزيولوجية المرضية من الشكلائية (مورفولوجيا) او من بعض ما يمكن ان تتضمنه الخطوط الجسدية ، ان الفراسة هي فن تنبؤي ، وهو مأخوذ عن تراث فارسي نقله العرب ، وعن عادات قديمة صينية وهندية سابقة جداً على العصر المسيحي . وقد استعاد ميشال سكوت (Michel Scot) هذه العادات والاحلام في القرن الثالث عشر ثم اخذها في القرن 16 جان انداجين (Jean d'Indagine) وضمها كته . كما ضمها كاردان في كتابه « ميتوبوسكوبيا » . والخطوط المطبوعة على الوجه لا تحكم فقط حاضره الفرد بل وتنبأ بمصيره المستقبل

II - العلاماتية (السيميائية) وعلم تصنيف الأمراض (نوزولوجي)

الفحص العيادي - التعليم في « الكلية » كان نظرياً . فبعيداً عن المنبر (ex Cathedra) كان المعلم يقرأ ويشرح ويناقش نصاً لأبقراط او لغاليان ، أو نصاً حديثاً : اذ اتيح لفرنل (Fernel) في حياته شرف ان يرى كتاباته تطرح للمناقشة في المدارس . وفي بادو فقط كان ج. ب. دل مونتي (G.B.del Monte) يعطي تعليمه عيادياً بالمعنى الصحيح للكلمة ، اي فوق سرير المريض . اما ، في غير هذا فقد كان على المتخرج ان يلتحق بأحد الاطباء يتبعه في ممارسته ، لكي يمهر في فحص المرضى . هناك أولاً التفحص : تكوين الجسم العام ، حالة الجلد والاغشية المخاطية ، وغيرها بالفحص المباشر او الوسائلي (فالكاسر (Diopetre) الذي وضعه بول اجين (Paul d'Egine) سوف يعود اليه ويعدله ب. فرانكو P.Franco وآ. باري (A. Paré) ؛ أجلس لمعرفة حالة الحرارة او البرودة ؛ وتيرة النبض ، اتساعه وتواتره (ولم يكن تواتر النبض قد حسب بعد) ؛ واذا كان الاطباء يومها لم يجهدوا لبدا السماع الأبقراطي ، فانهم لم يتوصلوا الى فحص الصدر بالسماعة ، الامر الذي انتظر مجيء « لانتك » Laennec . وبصورة خاصة كانوا يعتمدون على فحص الاخلاط : الدم لمعرفة لونه وسرعة تحنجه بعد القصد ؛ الافرازات : البصاق ؛ القيء ، البول ، وكان الطبيب يدقق في خصوصياته الفيزيائية ناظراً اليه بعينه ، بحركة شبه اعتيادية كما يتفحص الوعاء او الماتولا Matula الذي جعله رسام « كتاب الساعات » العائد الى آن دي بريتانيا d'Anne de Bretagne بيد القديس داميان Damien . من هذا الفحص هناك عدة استنتاجات ، بارعة الى حد ما او تخمينية ، اذ قد يحدث ان لا يتقدم المريض الى الطبيب ليفحصه الا من خلال بوله المجموع في وعاء يرسله مع رسول خاص .

تشكيل كينونات مرضية - ان تعقيدات الحميات « والطواعين » الكثيرة الوقوع في تلك الحقبة ، لم تمنع طب الملاحظة ، المنسجم مع الحكم الابيقراطية ، من استخراج بعض الكينونات المرضية الصالحة التي اما أن تكون قد نسيت ، واما أن تكون غير معروفة حتى ذلك الحين أو تكون ملتبساً بها . وقدمت نمازسة التشريح . والفحص الدقيق أول هيكلية عن مفهوم تشريحي للمرض (بنيفياني (Bénivieni) بنيتي (Benedetti) ، كوتر وفرنل (Coiter , Fernel) .

وقد احسن بايُو (Baillou) وصف السعال الديكي والحنثاق . وجرى ايضاً ايضاح فوضى الحميات الطفحية . وقد رسم الايطاليون مع انغراسيا Ingrassia من نابولي (1553) تعريفاً للحصى القرمزية (روسانيا) (rossania) أكمل توضيحه فرانسوا أولمو (Ulmeau) ، وحوالي 1578 ، جان كواتار من بواتيه تحت اسم « الحمى القرمزية » الوبائية . اما بالنسبة الى التيفوس (Typhus) او الحمى النمشية ، فقد كان اطباء الجيوش المحاربة على علم تام بهما : مرض تابارديو (tabardillo) من حصار غرناطة (1479) ، مرض فبريس بستيلنس (Febris pestilens) في حروب ايطاليا (1505 - 1550) وبواتو (1557) ، وحروب هنغاريا (1566) الخ . وهناك وصف جيد عيادي للتيفوس قدمه كارودان (1536)

(Cardan) وفراكامستارو (1546 Fracastoro). واخيراً اكتسحت الرُحضاء (العرق المستمر) انكلترا وخاصة سنة 1518, 1529 و1551.

وقام برومبيرو البينو (Prospero Alpino) (« الطب المصري » ، 1591) بدراسة الطب الباطني الشرقي، وقد سبق ان وجد جان بتكور (Jean Béthencourt) في الهند مبشرين ايطاليين يقدمون لمريدي التنصر خدمات الطب الاوروبي. وفي القرن (16) قام اليسوعي ماتيو ريثي (Matteo Ricci) بفتح مدارس للتمريض في قطاي (Cathay). وخلال ارسائهم في اندونيسيا كان جراحو السفن التابعة لشركة الهند الشرقية يعالجون المقيمين في المكاتب على الارض بأدوية من على ظهر السفينة. ومن اقدم هؤلاء الاطباء، الجراح جاكوب واترمان (Jacob Waterman) الذي استقر في باندا سنة 1599.

أما أمراض البلدان الحارة كالجدام (داء الفيل) فقد وصفها التاجر والاديب فيليبو ساسيتوي (Filippo Sassetti) المتوفى في غوا (Goa) سنة 1588 في مذكراته. وكان الجدام موجوداً في العديد من البلدان، في حين كان قد انحسر عن اوروبا، حتى ان الكثير من مصحات الجدام قد اغلقت بحلول القرن 16 و17 وآموي المرضى، لانعدام المرض.

وعاد داء الحفر (مرض يفسد الدم) الى الظهور في القرن 15 بعد ان كان نسي منذ الحروب الصليبية، وذلك في المجموعات ذات المهمات الطويلة. فحصد بحارة فاسكو دي غاما في شواطئ موزامبيق (1498)؛ وفيما بعد، في شتاء 1535 - 1536، حصد اتباع جاك كارتيه Jacques Cartier وهم يكتشفون سان لوران ثم اتباع حملات دراك Drake (1578) وكافنديش Cavendish (1586). ولكن العالم الجديد خبأ للعالم القديم الأسوأ: السفلس، ذكرى السفرة التي نقلها سندا للتراث، رفاق كريستوف كولومب، ومن اسبانيا نقلها جنود غونزالف (Gonzalve) القرطبي الى ايطاليا: فكان مرض نابولي، ثم مرض فرنسا عندما نقلها جيوش شارل الثامن الى فرنسا، ومنها انتشرت في بقية اوروبا، والمرض العضال السفلس يبدو تماماً انه من اصل اميركي، ولكن القضية تبقى قيد البحث. ولكن الداء الافرنجي (السفلس) الوطني لم يكن موجوداً في اوروبا منذ أبعاد العصور؟ اما الزهري (بيان) (Pian)، فبالرغم من معرفة الاطباء العرب به فهو لم تعرف ماهيته بالضبط الا في القرن 17.

ولحسن الحظ جاءت من هذه الاسفار البعيدة، ومع الادواء، الادوية والعلاجات. وكان التأثير، المعروف في الصين من الاف السنين، قد اشيع في اوروبا على يد الاسباني فرانيسكو مندس بنو (Francisco Mendez Pinto). اما اميركا فغذت بأدويتها التي لم تكن معروفة من قبل، مداخيل الصيدلة واليسوعيين كما اثارت النزاعات بين الاطباء.

III - الصحة والعلاج أو التطبيب

الصحة - كانت المعالجة الوقائية تلجأ الى وسائل عملية تجريبية: العزل الارباعي

(الكزنتينا) ، العزل في محجر ضحي ، هرب امام المصيبة . وقد أثبت العزل جدواه تجاه بعض الامراض الوبائية مثل الجذام ، فقد قل عدد المجذومين⁽¹⁾ بعد اضطهادهم وحبسهم ، وهرب الناس امام ثيابهم وصناعاتهم . ولكن ما هي الحيلة تجاه امراض وبائية مثل الطاعون الا التمسك تجاهه بالمثل القديم : المسرع في الهرب ينجو . . ؟ .

ورغم الوسائل المعتادة : تطهير الجو بالنيران الكبيرة ، اشخاص متخصصون يتولون شؤون الصحة (« الغريان » : همالون واطباء وجراحون ضد الطاعون ، مزودون بثياب مشمعة وقناعات (Masques) ذات انوف طويلة عشية بالعمور) ، تظل الكارثة تأخذ طريقها حتى انطفائه الفجائي وكيف تمكن اقامة حواجز فعالة بوجه اسباب مجهولة ؟ ولكننا نذكر ، مع ذلك ، كسابق في مجال علم الاوبئة العقلاني ، جيرولامو فراكاستورو (Girolamo Fracastoro) من فيرونا ، طبيب وشاعر وفلكي ذو قيمة نادرة . فهو لم يدرس فقط التيفوس والطاعون والبفلس بشكل تخصصي ممكن يومئذ بل فحص فضلاً عن عوامل العدوى بملامسة الأشخاص أو الأشياء الموبوءة ، جراثيم الامراض المتقلة بالعدوى البعيدة ، وهو بهذا سبق في وعيه نظريات باستور (في العدوى . . البندقية 1546) .

ان الصحة الفردية هي صحة المائدة . فأمام الشرهين امتدح الحكيم كورنارو (Cornaro) فوائد الحماية الحذرة والفقيرة . اما غابريل زربي (Gabriele Zerbi) ودايفد بوميس (David de Pomis) وهما من اوائل الباحثين في امراض الشيخوخة فقد كشفوا اسرار طول العمر . واذا كان الخمر مفضلاً على الماء فما ذاك الا لان الماء ملوث في اغلب الاحيان ؟ وعلى العموم قلما تجاوزت العناية الصحية اطار الكتاب القديم المسمى الحماية الصحية الذي اعيد طبعه وتفسيره كثيراً .

الأدوية - اخذت الصيدلية التقليدية من الصيدالة الكلاسيكيين ومن العرب . نشر (غوتييه دندرناخ (Andernach)، في بال (Bale) سنة 1530 ترجمة لاتينية لكتاب غالين Galien عنوانه تركيب الأدوية . وجددت الصيدلية ثقتها في كتاب نقولا سالارنيتانوس (Nicolas Salernitanus) وعنوانه انتيدوتاريوسوم (Anti do tarium) (البندقية 1471) كما منحت ثقتها لكتاب فياليري كوردو (Valerius Cordus) (1546) وللوصفات الطبية التي وضعها فوز (Foes) (1561)، ونقولا هول (Nicolas Houel) (1571) ولويس جويسر (L. Joubert) (1579) وب. بوديسرون (B. Bauderon) (1588). أما اول كتاب تعاملي مكتوب بالفرنسية فكان كتاب دوسو (Dusseau) وعنوانه « انريشيد اومانبول ميريوبول » (Enrichid on manipul des miropoles) (1561).

أما الوصفات المعتادة التي كانت مصاغة في كتاب « الاستشارات » (وأشهرها كتب فرنل (Fernel) وامات لوزيتان (Amatus Lusitanus) وكراتوفون . كرافت هيم (von Krafft heim

(1) ان تراجع الجذام هو حيلة توافق معقد لعوامل مانعة وخاصة التصارع الميكروبي : وعلى كل كان من الطبيعى أن يعتقد الأطباء ، خطأ ولا شك ، بأن المناعة كانت بفضل التدابير الصحية .

فتتفق مع النظريات المرضية التي يؤمن فيها المريض . وهي مركزة عدة على الثلاثي التقليدي : العناصر الأربعة ركائز الصفات الأربع الأولية او مضاعفاتها وكلها تطابق مع الأمزجة الأربعة والميول الأربعة البسيطة : (البغمية، الغضبية، الحزينة، والدنوية) أو المركبة . والسبب المباشر لكل مرض كامن في الأمزجة . من هنا العلاج بالضد بقصد تبديد المرض المزاجي كميًا ونوعيًا .

بالنسبة الى النوع الاول هناك الادوية الاستكمالية وهناك الادوية الاستفراغية الفصدية : المقيئات والمسهلات ، والحقن ، والمدرات للبول والمعرقات والمنخعات للبلغم ، والحجامة ، والفصد (فصد العرق او الكعب، الوريد، الدماغى الجانبي او المتقابل، المصرف او المحول) . من هنا ، مناقشات مضحكة بين انصار الباريسي بريسو (Brissot)، الذي كان يفصد المصاب بذات الجنب (المبرسم) من الجانب المريض ودنيز (Denys) طبيب ملك البرتغال ، الذي يفصد من الجهة المقابلة أدت الى دعوى رفعت أمام جامعة سالامنك ثم شارل كانت (Charles Quint) .

اما حثل الدم (سوء تكونه) النوعي ، فقد جوبه بفضل العلاج المضاد . اما ضد الغرغرينا او « مرض المونسنيور سان انطوان » Saint Anthoine فكان العلاج « بالاعشاب الباردة » اذا كانت الغرغرينا حادة وبالأعشاب الحارة ، اذا كان المرض « نار الجليد » . او يجري استبعاد المادة الضارة «materia peccans» اما اصطناعيًا ، باستعمال ادوية تثير البثور التي بحسب امبرواز بارى Ambroise Paré ، تسحب « الرطوبة الزائدة » او وضع فتيلة لسحب المواد من الاعماق ، اما من الخارج الطبيعية اما بوسائل منقية للدم او مدرة للعرق .

تلك هي المعالجة المسيلة للعرق او للسوائل والمتبعة بشأن السفسل سواء عن طريق التدخين او التبخير وبالكبريت الزئبقي ، او الدهون او الافران او المرهم النابولي ، بحسب طريقة كسبار توريللا (Gaspere Lorella)، وهو أسلوب مستعمل حتى في مقرر نفوس الأموات ، حيث شاهد ابيستمون (Epistemon) الباباسيكت (Sixte) يقوم بالمهمة التعيسة مهمة كاشط الجحدي أو السفسل . وهي معالجة قاسية وخطرة امر بها فراكاستورو (Fracastoro)، وتدبها لوسيفالوبو (Lopez de Villalobos). وقد حاول البعض استبدالها بمطهرات نباتية مستوردة من العالم الجديد مثل « السالباريه » التي ادخلت الى اوروبا سنة 1530 ، « والسكين » و« الساسافراس » ، أو أشهر انواع المعرقات وهو الغاياك (gaiaك) أو « الخشب المقدس » المستورد سنة 1509 ، استورده ج. هرنانديز دي اوفيدو (G.Hernandez de Oviedo) واوصى به وشلد آ.م. برازافولا (A.M.Brasavola) ، والملك الكاثوليكيان فردينان وايزابيل (Ferdinand et Isabella) امرا كل سفينة آتية الى اوروبا بان تجلب لحسابها حولة منه .

يضاف الى هذه المجلوبات من المستعمرات التي أشاعها كلوزيوس (Clusius) : وأضيف اليها في حوالي 1550 ، جلبة (Jalap) المكسيك ، وبلسم البيرون ، والكوكا ، وفي سنة 1570 عرق الذهب ، وكلها تراكمت فوق الاعشاب « البسيطة » الناتجة عن الارض الوطنية الاوروبية ،

والتي شاع استعمالها بسبب مفاعيلها المعروفة بحكم القدم والتجربة ، او بسبب خصائص خفية وردت في « طب التواقيع » ، مجموعات كاملة من الاعشاب يقتطفها المعنيون بالاعشاب والحدود ، او التي تكون جاهزة في البساتين النباتية التي اوجدت في العديد من المدن . ولكن هذه الغزارة الظاهرة في النباتات نغطي فقرها ؛ ومن حسن الحظ وُجِدَ الكمونة والروباص ، والخس والسنا (الكرسة) ثم الافيون الذي لا بديل عنه .

وفي المملكة الحيوانية تتضمن التشكيلة مقومات غير معقولة : متوجات روثية : سلح الكلاب المغذاة بالعظام . سلح الذئاب الحجر (bézoard) الاوروي او الاجنبي ومنه « البوفونيت » او حجر الضفدع ، وهو حصة تنمو في رأس الضفدع . متوجات اخلاطية (دم الشباب) ؛ بقايا عضوية : موسمياء ، جمجمة بشرية ، عظم قلب الابل . مطبخ السحرة البشع المتكون من خلطات متعددة الاصناف او اخلاط عسلية . معقدة . واشهرها ترياق أندروماك (Andromaque) الذي يتضمن لا اقل من 74 مادة (من بينها لحم الحية) ، بحسب تركيبة غاليلان ، ثم اضيف إليها وأعيد النظر فيها . والى هذه المستحضرات الاستطبابية ، تجم اضافة الوقائيات التي تتضمن السموم ، وتتوافق مع تجربة مؤونة المائدة الملكية ، ومنها ألسنة الافاعي (الحقيقة اسنان القرش) المعلقة في شجرية ، ثم قرن وحيد القرن .

اما العالم شبه المعدني فيقدم للمطبيين عن الطريق الهضمية التربة المباركة الشهيرة ، تربة لامنوس ، وفي سنة 1520 ، اقترح جوهان لانج (Johann Lange) من هيدلبرج اقترح للمعداري المصابات بأمراض عذرية (Morbus virgineus) ، « زعفران اذار المقبل » . اما تحتر الدم اللولوي ، فاضافة الى الوصفات المذكورة في « ديامارغاريون » لنيكولا (Nicoles) او ابن سينا ، هناك ما ذكر في « لوسينارماجوس أو لومان ابوتيكا ريوم (Lumen apo thencarium) الزمرذ ، والحجر الاصفر ، والزفير واليشب المطحون المنعم ، المزوج بالحرير الخشن ونشارة العاج ، وهذه التركيبة تقابلها تركيبة واردة في « الكتوياريوم لـ جيس » Ilectuarium de Gemmis لمؤلفه مزوي (Mesué) . والتركيبتان مختصتان بالزبائن الاغنياء .

وكان للخيمياء منافع ايضاً : ماء الحياة الذي يحتفظ بحكم امتناعه على الفساد ، بالميت وبالحي ، وحجر جهنم ، وهو الأكل المفخّم ، تم الراسب الاحمر . اما الاثمد (انتيومان) فظل مشبوهاً . ورغم ان باراسلس قد اعلن عن فضائله ، وتبعه لويس لوني (Louis de Launay) مؤلف « خصائص وفضائل الاثمد المدهش » (1564) فقد عارضه ليس فقط باليسي (Palissy) ، بل وايضاً جاك غريفن (Jacque Grévin) وكلية باريس التي استعانت بشأنه « بالبرلمان » [محكمة] . ولكن البرلمان اكتفى بالزام الصيادلة ان لا يسلموا هذا العقار الا بناء لوصفة طبيب (1566) . واستمرت المشادات . وطردت « المدرسة » من صفوفها بوليه (Paulmier) ، الذي كان من حزب الانتيومان (الاثمد) (1579) ولكنها لم تستطع اسكات لا الخيميائي الدانمركي بدر سورنسن (Peder

(Sorensen) (مفرينوس) ولا كبير دعاء الطب الخيميائي المسمى دوشسن (Duchesne) اوكرستينوس (Quercetanus) .

اما الزئبق ، وهو نوعية كان القرن السادس عشر بأمر الحاجة اليها ، فقد كان مقبولاً . وكان جيوفاني دافيجو (Giovanni davigo) يداوي بالراسب الاحمر التفرحات الزهرية ، وكان ماء الفضة العنصر الرئيسي في الخبواب التي قدمها الاميرال التركي بربروس (Barberousse) الى الملك فرانسوا الاول (Francois 1^{er}). فضلاً عن ذلك ، قام باراسلس بدعاية كبيرة لصالح الكيمياء والمعالجة بالمعادن . واخذ يتغنى بالذهب المشروب وبفضائل الحجر الفلسفي ، الذي يعطي طول العمر . وقد عارضه في ذلك جاك اوبرت (Jacques Aubert) الذي ندد ، في كتابه « انشتوتوني فيزيكا » باستعمال هذا الحجر ، استناداً الى هية ارسطو واثبت قيمة الكيمياء (Chimiam esse vanam) .

ثم انه يجب الاقرار ان كيمياء باراسلس لم تكن دائماً خارجة عن المعقول . فقد حاولت بحق ان تستبدل التجريبية العملية المتعددة اوجه الصيدلة بالمستحضرات الكيميائية المحددة والمعدة ، والاستخراج من أدوية غير معروفة جيداً خلاصة او مبدأ فاعلاً ، غالباً ما يتحطم او يزول او يضعف من جراء الممارسات الفرشائية السائدة : تكلس ، تسرب ، استحلاب . ان باراسلس كطليعي بالنسبة الى نظرياتنا حول الأمراض الترسبية أو الكلسية Lithopexique ، كان يومئذ يرغب في إحلال التعادل الكيميائي في الجسم البشري وذلك بأن يسيل في هذا الخليط أو المزيج الرسوبات المزدنية التي تسمى الرواسب . ولكن أصحاب الكيمياء السحرية (المهرميين) كانوا يستخدمون كيمياء عفوية ، ويفتقرون إلى دقة القياس .

وفي اغلب الاحيان كانوا يضيعون في الباطنية ، ونجاه هذه الاسرار الجذابة الكامنة في العنبر وفي المغناطيس ، كيف يمكن انكار التبادل الممكن للتدفقات الاخرى؟ وعلى هذا فقرن ، وحيد القرن ، يمكن ان يكشف السموم . ونجاحات المهرم السلاحي ، ورشوش المحبة ، تدل على التوافق بين السلاح الجارح والجرح ، بين الدم واختلاط المعجروح وبين افرازاته المتروكة من بعيد .

هذه العلاقات المتبادلة تظهر في الملكة المعدنية . قال رونسارد Ronsard : لقد عرف المللك « فضائل الاعشاب والاحجار » ، ومنذ ديوسكوريد (Dioscoride) وبلين (Pline) وعلى يد ماربود (Marbode) والبير الكبير (Albert le Grand) ، ومونديفل (Mondeville) ، ومارسيل فيسين (Marsile Ficin) ، وماتيويلي (Mattioli) وكاردان (Cardan) ، يتتابع ثراث التطبيق بالجواهر . فهذه الاحجار الكريمة ، ليست الا ناقله فضائل الكواكب القرينة لها . وصورة هذه الكواكب بالذات ، وكذلك رموزها المعدنية . لها صفة البلسم المبريء . اهدى بلتييه (Peletier) الى مونتنييه (Montaigne) الفرنسي هدية - ربما دون ايمان كبير بها - « قطعة صغيرة من الذهب المرقق قد حفررت فوقها بعض الرسوم السماوية . ضد ضربة الشمس . . وضد الام اللمس Teste » . ونشير أيضاً الى الاحراز التي لا تحصى التي كشف البير الكبير Albert le Grand عن أسرارها .

ذلك هو جدول الاشفاء الطبي ، الذي ما زال متواصلاً . وبالمقارنة يقدم الاشفاء اليدوي نتائج مرئية ملموسة .

وهناك مشكلة جديدة ، مسألة معالجة الجروح التي تحدثها الامهلحة النارية ، اعطت للفن الجراحي دفعات جديدة .

الفن الجراحي - تقدمت الجراحة في ايطاليا على يد تاغلياكوزي (Tagliacozzi) المعلم في الجراحة (autoplastique) وعلى يد ماغي (Maggi) الذي بلغ الكمال في معالجة الجروح ، وفي البلدان الناطقة بالالمانية ، على يد هـ . جرسدورف (H. Gersdorff) ، وف . ويرز (F. Wirtz) وف . فابري (W. Fabry) (فابريسيوس هيلدانوس) .

وفي فرنسا ، ورغم احتقار « الكلية » العلني للعمليات اليدوية ، يجدر ان نذكر ، بين المجددين ، اسم رابليه Rabelais فيما يتعلق بتجبير كسور عظم الفخذ Femur ، والذي اخترع أو أعاد كشف « غلوسوتومون » أو « الغلوسوكوميون » واخترع لفك عقدة الفتق المخنوق ، « سيرنغوتوم » . ولكن المجدد في الجراحة الفرنسية والعالمية كان رجلاً عادياً من الصناع الماهرين ، متمتعاً بحسن سليم ويروح عملية ، حماه قليل علمه من الضياع في التبهر ذلك هو : امبرواز باري (Ambroise Paré) . كان جراح المعركة ، فابتكر اسلوباً في العثور على القذائف الداخلة في الجسم واستخراجها . تبعاً لوضع المجروح عند اصابته . ودعا الى استبدال الحديدية الحمراء ، من اجل قطع الدم النازف عند العملية ، بالرباط الوعائي (وهو تقنية كان المؤلفون الكلاسيكيون قد دعوا اليها) ، وكان اول من دشن اساليب فصل الكوع (Coude) ، وفي حالة الغنغرينة (Gangrène) ، فصل الاطراف ، وكان يقطع بانتظام في الاقسام السليمة . ورفض العادة البربرية بتطهير جروح الاصابات بالسلاح الناري بالزيت المغلي والحديدية الحادة . ولكنه هو ايضاً كانت له اسراره ، ومن بينها زيتته الشهير « زيت الكلاب الصغيرة » وهذه صبيانية تغفر له .

نذكر ايضاً ج . غيلومو (J. Guillemeau) من اورليان ، وبيار فرانكو (Pierre Franco) من تورير في بروفا ، وكان جراحاً متجولاً ، تجريبياً انما صاحب افكار جديدة : فقد الغنى عملية الخصي castration في معالجة الفتوقات وعمم ، بالنسبة الى المصابين بحصى الكلى ، الشق الطولي مع المجرى وسبق الى الشق عبر المعدة للوصول الى الاحشاء (الحثلة) .

وفي القرن 16 ، أثري الفن الولادي (Obsterical) باعادة اختراع الصيغة البودالية (باري) بوضع تقنية العملية القيصرية (بين ، روسي) (Rousset, Bain) ثم بدزامة الانحرافات المهبلية .

IV - المؤسسات ، الوسط ، ورجال الفن

الطبيب في التراتب الاجتماعي - ظل الطب لمدة طويلة نزيل الاديعة . اما الجامعات ، ذات الاغاط المختلفة ، فما تزال تحفظ ذكرى هذه النشأة . فاذا كانت جامعة بولونية وما تزال تجمعا لمجموعات

مدرسية علمانية ، فان جامعة لوفان عرفت باستمرار ، افضلية وأسقية أسقف كولجالية سان بيار مندوب الكرسي المقدس . وفي فرنسا ايضاً تعتبر الجامعة بنت الكنيسة . وكانت الرخصة تعطى باسم السلطة الروحية : « في باريس باسم المستشار ، راعي كنيسة نوتردام ، المندوب الرسولي . وفي مونبليه باسم أسقف ماغيلون . وكان الطبيب المتفرع لمهمات التعليم ، مزدوداً ، من اجل هذا بمنحة كهنوتية تكفيه لسد احتياجاته . وكان المعلمون في مونبليه ، وكلاء صرف بفصل اوريبن الخامس (Urban V) يصنعون بأن معاً الرداء الكهنوتي (Camail Canonial) ورداء الاستذة .

هذه الصفة ، صفة الطبيب الكاهن تقتضي موجبات ومستلزمات متنوعة . أولاً ، في الممارسة المهنية ، الامتناع عن اجراء اية عملية جراحية . « الكهنوتية تتناق مع الدموية . وهذه حكمة كانت تتحكم يومئذ في تصرفات حتى الأطباء المتعلمين . ثم بالنسبة الى الدكائرة العمداء ، على الاقل ، التخلي عن الزواج . وكان التلميد بحكم اعتباره نصف كاهن ، منذوراً للعزوبية ، ولم يستقد الا متأخراً من الاصلاح الذي نُشر سنة 1452 من قبل الكاردينال دستوتفيل (Cardinal d'Estouteville) والذي سمح للدكائرة العمداء بالزواج . ولكن الجسيم الطبي اخذ يتعلم بصورة تدريجية . ومنذ 1500 ، لم تعد جامعة باريس تضم ، من اصل 21 دكتوراً ، الا ثلاثة كهنوتيين . اما الأطباء النبلاء او المرفوعين الى مرتبة النبالة ، فقد كانوا قلة نادرة . فالطبيب الممارس من عامة الناس كان يصنف في المرتبة العليا من الطبقة الثالثة . والطبيب يكون من سكان المدينة (اذا ترك الطب الرفي للحلاق - الجراح الذي كان يتف الشعر ويقوم بالفصد أو للمجبرين أو المتمرسين) ، ويعتبر من الاعيان البورجوازيين الذين يمارسون مهنة حرة مع مالها من امتيازات تتقدم على الجراحين وعلى الحلاقين ، الذين كانوا يعتبرون من اهل المهن اليدوية المتمرسين بالفنون اليدوية الميكانيكية .

والجهاز الطبي ، « ما يزال يحفظ ، اخذاً عن الكاهن ، بلامتياز التعليمي . ولكن اذا كان الامتياز الجامعي قد اهتز بفعل خلق منابر للطب في الكلية الملكية في باريس ، فان جماعة أبقراط ما تزال تحتفظ في فرنسا بحق الرقابة وبحق التعليم تجاه الجراحين من التابعين . افضلية تقتصر في اغلب الاحيان على « صراع متعب ومضر : صراع بين المنظرين غير المتمرسين بالتطبيق اليدوي المحترقين لتابعيهم ، والجاهدين في الحد من تقدمهم العلمي والاجتماعي ، من اجل اخضاعهم غصباً عن من يريد النهوض بهم . والادب المتبادل بين جماعة سان كوم (Saint Côme) وسان لوك (Saint Luc) يدخل في اغلب الاحيان . في مقاومة الاجراءات اكثر مما يدخل في باب التقنية . ان الكلية تفرق كي تسود وتحكم . والنزعات الاستقلالية لدى الجراحين من ذوي « الثوب الطويل » الذين تجمّعوا سنة 1311 حول جهان پيتار (Jehan Pitard) ، جراح سان لويس ، قد شوهدت بركة الحلاقين - الجراحين من ذوي « الثوب القصير » الذين تفودهم كلية باريس . هذه النزاعات انتهت سنة 1515 ، بتأسيس « جمعية » ، ولكن الخضوع المؤقت تحت رعاية (طوق) الأطباء ، لم يمهّن النزاعات والمطالبات والعصيان في المستقبل .

البيئة الاجتماعية والاداب - ومن النتائج الاخرى للتنظيم التعليمي والاجتماعي في ذلك

العصر : البداءة او الترحل . فالى جانب الرفاق الجراحين كان هناك الترحل من اجل التعليم والذي اصبح تقليداً . كان الاطباء المستقبليون يقصدون الجامعات سعياً وراء دروس المعلمين المشهورين او من اجل الحصول على الرتبة . والحق ان هذا لم يكن بالامر الجديد .

فحتى في ايام طب الاديرة كان السفريين دير ودير دائماً وكثيراً . وكانت الجامعات الوسيطة تستقبل افواج المستمعين « المتعددي الجنسيات » الذين كانت تجمعهم نفس الثقافة اللاتينية وتطيعهم بطابع مدرسي مشترك ينفي عنهم كل شعور بالغرابة . وكان الامر ايضا على هذا المنوال في القرن 16 . فقد كانت اورليان (Orléans) وبورج وبواتيه (Poitiers) وتولوز Toulouse ومونبليه Montpellier تفص بالاغراب المتجمعين تحت شعارات او ييارق « أوطانهم » . ومن جهة اخرى كان اولاد عائلات فرنسية يذهبون لاكمال دراستهم قريبا وراء الجبال [أي في اسبانيا وايطاليا] . ان جذب ايطاليا كان له مبرره . وهناك تيازات اخرى اتجهت نحو البلدان المنخفضة وجرمانيا . وكان نهر الرين يروي جدران مدارس شهيرة مثل : بال (Bale)، ومايانس (Mayance) وستراسبورغ (Strasbourg) وكولونيا (Cologne) . وكانت اسباب هذه التنقلات عديدة : اعدم التساوي في الامتحانات ونفقات التعليم والاستقبال ؛ وتوزع مراكز التعليم وعدم استقرار المعلمين الناجحين ، والابوة ، والحروب التي كانت تقضي بإقفال المدارس .

ولم يكن الحصول على الليسانس او دبلومات الدكتوراه ضمان استقرار . فاذا كان هناك ممارسون مستقرون بفضل الزبائن المدنيين او بفعل الاستخدام في وظيفة ملكية او اقطاعية او بلدية ، الا ان المواظبة لم تكن من مذاق كل الموظفين . وكان الأطباء والجراحون والملحقون مؤقتاً بالجيش وبالقصور الملكية والاميرية والكاردينالية . الخ . أقل استقراراً ايضاً ، انما بحكم الضرورة . ويجب ان نشير هنا الى نجاح الأطباء اليهود الذين نالوا رعاية خاصة وأكيدة من الباباوات أمثال ليون العاشر وكلمان السابع (Clément) وبول الثالث (Paul III) .

ونشير أخيراً الى أسلاف أطباء المستعمرات ، مثل جراحي البحرية ، الذين جلبوا معهم ، من مراكز الشرق ، كنوز صناعاتهم الطبية ، أو الذين استقروا وأقاموا في هذه المراكز . في سنة 1569 أسس ب. كارنيرو B. carneiro مستشفى في مأكو .

الى جانب هؤلاء التجولين بحكم الارتباط المهني تحب الاشارة الى التجولين المتعددين من اجل العلم : وهم الطلاب الدائمون المتطوعون ، الذين ، وهم يسعون الى اكمال معارفهم ، زاروا اوروبة بأكملها كما فعل : غونتيه داندردناخ Gonthier d'Andernach واماتوس لوزيتانوس (Amatus Lusitanus) أولازارينا (Lazare Pena) . كما قام آخرون بترزوعون هنا وهناك في العالم القديم او اندفعوا نحو « البلاد الأجنبية » أمثال « بيلون » (Belon) الذي رافق سفراء فرانسوا الاول (François I) لدى الباب العالي بونجوا الشرق الأدنى أمثال غيلاندينو Guilandino وراولف (Rau wolff) وب. أليينو (P. Alpino) .

الفصل الخامس :

الزولوجيا أو علم الحيوان

I - الاستلهامات المادية لعلم الحيوان

التجريبية المنظمة والتقدم في علم الحيوان : في مجال علم الحيوان أو « الزو » أخذ عصر النهضة معتقدات وملاحظات وتجارب العصور القديمة المتراكمة المتكونة بفعل الضرورات الحياتية . فلم يعد القنص مقصوراً على القتل أو على الدفاع ، رغم أن الدفاع يفرض نفسه دائماً : فاضرار الذئب لم يقض عليها بعد ، وفي الجبال ما زال هناك زواحف غير مرغوب فيها . ولكن الصيد والقنص أصبحا رياضة متعة وامتيازاً سيادياً منظماً جداً ، له مراسمه وله أدبه . وقد أضاف القرن السادس عشر الى طيران الأسهم وحدة الفولاذ وسمان الرمح ، فار البارود والمسدس . وبدلاً من الاشراك والكامن حلت النسلية القنصية أي القنص عن طريق الكلاب والعقبان .

وتطور الصيد كما القنص ايضاً . فالسلب الحر الذي كان سائداً في الازمنة القديمة خضع في الاريااف للامتياز الاقطاعي المحلي . وعلى الشاطئ تحرر الصيد من المرجبات المباشرة : فاضافة الى الصيد على الشواطئ الفردي او العائلي ، وصيد الهواة ، اضيف ايضاً الصيد الكبير في اعالي البحار ، سعياً في الشمال البعيد ، وراء الحوت والرنكة (Harengs) والموري (Morues) . وبعد ذلك تم السعي للحصول على السمك الطازج وما يعيش في البحيرات والمستنقعات ، وقام الصيد النهري أو صيد المد الشاطئي . وقامت المصنوعات المحفوظة المملحة أو المدخنة ، والاستيرادات البحرية لتسد النقص في عجز الصيد الفردي .

وكانت نهاية حرب المئة سنة بداية العودة الى الارض . فالنبيل وقد افتقر بفعل قنصه ايراداته المفروضة اقطاعياً والمجددة ، بسبب التدني التدريجي لقيمة النقد ، هذا النبيل اصبح جندياً فلاحاً ، واخذ يخدم الحقول . اما القلاع الاقطاعية التي كانت فيما مضى متراصة اخذت تتباعد . وفي اواخر القرن ظهرت القلاع القصور ، نصفها مزارع ونصفها محصن تحيط بياحات وامعة من العنابر والمزارع والمرايط والمداجن والحماميات ، كما هو باقي منها في بريتانيا الفرنسية وفي نورمانديا . واصبح النبيل الصياد مربي مواش وتعلم تقنية التربية الحيوانية .

وكذلك بالنسبة الى اقوياء هذا العالم فوراا ظلال الابراج قامت القيلات الفخمة ، وحولها الاطار الواسع للجنائن والملاعب تنم عن الثروة وعن الابهة والرفاهية .

في حين كان السَّيَّاس في الاصطبلات منهمكين ، في بذخ مداجن الطيور والزرائب ، حيث الطيور النادرة والحيوانات المدجنة تحور ، ارضاء للفضول او انسا للعين : وكانت الزرائب تتبع آل فالوا (Valois) الى قصور اللوار ، وتسير وراء ركب الملوك: هنري II الى سان جرمان ، وشارل التاسع وهنري الثالث الى اللوفر وهنري الرابع الى فنانس . وكان آل مونغورانسى ، في شانتيلي (Chantilly) يقيمون زرائب مشهورة . واستفادت العلوم من هذه الهوايات : فقد اغتنم باري الفرصة ليشرح نعامه .

ولكن هذه العلاقات مع عالم الحيوان لم تبرا من المتاعب . فاضافة الى الجروح العارضة التي تسببها هذه الجوارح المتوحشة او الحيوانات السامة ، كانت هذه الكائنات المدجنة تتسبب لمؤاكليها بعدوى الطفيليات ، وخطر الكلب ومناسبات وقوع الحوادث السيئة . وكان تقنين الطعام في ايام المجاعات او الحروب الطويلة ، واستعمال المملحات يضيف الى مساوىء الحفر (فساد الدم) ، وهذه المساوىء كان لها بعض المحاسن فرغم ان هذه الاجراءات ظلت غالباً موسومة بالسحرا او بالخزعبلات ، دخل علم الحيوان في الميدان الطبي عن طريق تنظيم الحِمْيَةِ الطبية وبعض الادوية التي بدأت تظهر فيها طلائع علم الطبابة العضوية (الاستعضاء) .

وحصل نفس التقدم فيما يتعلق بأمور صحية اخرى ومنها الصراع ضد البرد فجلود الحيوانات التي كان الاقدمون يرتدونها ، تحولت بيد الدباغين والقشّاطين الى احذية ، وعدة ولأما للحرب والبسة لاصقة او الى معاطف من القاقم، والفرو القخم، وتكاثر وتجددت بفعل تطور المواصلات وجرأة الصيادين بالمطافع . وبدلاً من الحرير المستورد من بلدان «السّر»، عمل تدجين شجرة التوت وتربية دود القز على احلال المنتجات الحريرية المحلية مكانها . وحل محل عقد اسنان الدببة عقد اللآلى والمرجان . واستعملت محفزات من حيوانات حقة (دببة برن) او خيالية في مجال الدعاية . والشعارات البلدية او النبيلة او في تزيين الواجحات ، والارمات والستائر والاثاث او حتى في خزفيات ب. باتيسي (B.Pallissy) .

II - مكتسبات جديدة واحصاء عالم الاحياء

اكتشاف العالم وزوائده - بفضل الاكتشافات الجغرافية تضخم حجم عالم الاحياء بشكل لا حدّ له . لا على اساس قياس الوقت الحاضر ، بل ايضاً على اساس جدول (كاتالوج) ارسطو الذي لم يكن يتضمن الا حوالي 500 غط حيواني . لقد امكن تجاوز المجموع بكثير . فقد دونت ثروات اوربا بعد ان عرفت بشكل افضل . و اشار اولوس ماغنوس (Olaus Magnos) الى الوحوش المرعبة (ومنها الكراكن الشهير) ، ومجموعة الحيوانات الشمالية . ودرس سيغموند فون هربرستين (Siegmond von Herberstein) متوجات موسكوفيا (Moscovie)، وشفنكفلت (Schwenckfeldt) متوجات سيليزيا (Silesie)، وكتمان (Kentmann) طيور شواطىء الالب وتورنر (Turner) طيور انكلترا . وبعد ليون Léon الافريقي قام رحالة طبيعيين بالسفر الى الشرق الادنى : بروسبورو الينوينو (Prospero Alpino)،

جيل دالبي Gilles d'Albi، بيلون Belon، تيفت Thévet الخ. وراقب جيل Gilles في مصر الزرافة، وفرس النهر (هيبوتام) والنمس؛ وعلى شواطئ البحر الأحمر شاهد حتى الاطوم Dugong (حيوان ثديي يشبه السمك).

وبعد 1447، اكتشف لورنسو دياز (Lonrenço diaz)، على شواطئ غيني (La guinée) الكلاو Calaos أو ابو قرين (طائر ضخم المنقار يعيش في الغابات الحارة وهو من الجوائم المتصقة الاصابع). وفي سنة 1519 عثر بيغافتا (Pigaffetta)، رفيق ماجلان (Magellan)، على العديد من الطراسيح (م. طرسوح) (مانشو) على شواطئ باتاغونيا (Patagonie). وبعد الفاتحين الأوائل (كونكيستادور conquistadores)، وعلى جهتي خط التصنيف المحدد بمعاهدة تورديسيلا 1493 تدفق المستعمرون الاسبان - اللوزيتانيون : نواب ملك أو حكام امثال غومارا هرناندز (Gonzalo Hernandez) من اوفيدو (Oviedo)، ومبشرون امثال لوبز دي غومارا (Lopez de Gomara) وجوزي دي اكوستا (Jose de Acosta) « بلين العالم الجديد »، واطباء او جراحون امثال غارسيا دا اورتا (Garcia da Orta) في غوا (Goa)، وكريستوفال آكوستا (Christoval Acosta) وفرنسيسكو هرناندز (Francisco Hernandez)، منتدب في اسبانيا الجديدة من قبل فيليب الثاني (Philippe II) مع لقب طبيب الملك. هؤلاء جميعاً عملوا على اغناء الموجودات النباتية والحيوانية من الهند الغربية او الشرقية، التي كان يسجلها في اشبيلية Seville الطبيب مونارد (Monardes). وقد تحدوا التعب والمخاطر، والقراصنة، واللصوص والمتوحشين، والحيوانات الكاسرة والافاعي والكيمان من التهاميح، من اجل اغناء الثروة التقليدية. ولسوء الحظ احترقت اعمال ف. هرنانديز Hernandez، (17 مجلداً) سنة 1671 بعد حريق مكتبة الاسكوريال (Escorial) المقصود. ونشر قسم منها فقط في مكسيكو سنة 1615 ومختصر منها في روما سنة 1628؛ وصدرت طبعة منها اكمل (في روما سنة 1649 - 1651) بعناية علماء الطبيعيات عن «اكاديميا دي لانسى». وكان من الواجب بعد ذلك اعادة تجديد واستكمال المجموعات القديمة. وهذا ما تصدى له شخص اسمه غسنر (Gesner) وشخص اسمه الدروفاندي Aldrovandi، وأصحاب مصنفات ناشئين امثال كايوس وامبرأتو واعترضتهم متطلبات النقد ومشكلة الكادرات التي سوف يهتم بها واتون (Wotton).

وبدا الانتقاد خجولاً في بادئ الامر امام القاب نبالة جعلتها الاقدمية محترمة. فعن القنارن (ليكورن) الذي شهد بوجوده الكتاب المقدس، لا يعرف الا القرن الذي تمتدح فضائله المدهشة. وكانوا يجهلون يومئذ انه ينتمي الى كركدن البحر فاعتبروه من الحيوانات ذات الاربع وظلوا منذ بلين (Pline) يتجادلون حول هويته. وهناك حيوان أجبر ذكره الكتاب الدينيون والدينيون هو العظاء (Basilic) ذات النظرة القتالة في الصحارى الافريقية، وقد أكد عليها الدروفاندي (Aldrovandi) الذي يشك بوجود الهيدر (Hydre) ذي الرؤوس السبعة، والمعروض في كنوز البندقية. وكان لا بد من قريحة رابليه (Rabelais) لكي يعيد الى «مملكة الشياطين» ذوات

القرن الواحد و« النساء الطائفة » ، وطيور السلوقيين والستمفاليين والستير (الانسان العنز) ، ولكنه ادخل معها بعض الكائنات الحقة .

المعجمية التقنية والمنهجية - كيف يدون السجل التعديدي ؟ المشكلة الاولى : وكيف تكفي اللغة الشائعة لهذا الغرض . الواقع ان اللغة التقنية ما تزال تحتاج لمن يضعها سواء في المجال التشكلي التكويني (مورفولوجيا) أم في مجال التدوين العضوي (اورغانوغرافيا) ، ام في مجال التوزيع والتصنيف ، وتحديد الماهية الذاتية . لا شك ان كورنيليوس اغريبا (Cornelius Agrippa) وجوردانو برونو (Giordano Bruno) قد دعيا ، - في معرض عودتهما الى الافكار التي صاغها سابقاً - ريمون لول Raymond Lulle في « آر جنراليس » Ars generalis وهو يحاول إيجاد معجمية مصطلحات - الى انشاء لغة علمية دولية ، الا انها لم يوفقا في دعوتها .

ان المصطلحات التشريحية (آناطومية) تظل زائداً مستقرضاً مجعاً من هنا وهناك . ولا تتضمن تفصيلات التنظيم البشري الا كلمات متنوعة متنافرة تلفيقية اغريقية ، لاتينية ، واغريقية - لاتينية ، او كلمات عربية مأخوذة عن الرازي او عن أبو القاسم Abulcasim وابن سينا Avicenne ، وهي موجودة بقلم رابليه Rabelais في تشرريح « كارسم برينان » Quaresme Prenant .

وكذلك الحال بالنسبة الى عديمة الفقرات ، استعمال شفنكفلت (Schwenckfeldt) جذوراً هيلينية ، وتعابير لاتينية .

ويذكر ان هذه الكلمات لم تصبح علمية الا لانها نبشت من لغات ميتة وانها خرجت في زمنها على شفاه العامة . وان لغة علماء الطبيعيات في القرن السادس عشر لم تكن تأنف هي ايضاً ان تأخذ من الشعب التشبيهات الغليظة او المضحكة من تعابير طريفة .

اما المصطلحات الخاصة بمصادرها ليست اقل تعقيداً : فضياع أول نموذج عن عالم الحيوان (سفر التكوين ، II, 20) الغائم والمبهم بدون شك كما يقول رونديلي (Rondelet) « بسبب غموض اللغات في بابل » ، كان خسارة عظيمة لا تعوض . ولكنها استعوض عنها بالمأخوذات من اللغات العبرية والعربية والفارسية وخاصة الاغريقية واللاتينية . ومن بين هذه المصطلحات الاخيرة لم تبق الا الكلمات المستعملة في اللغة العلمية النحوية . وهناك كلمات اخرى ، رغم عاميتها قد زالت : مثل كلمة كونين او كونيل ، (كونيكولوس) وقد اوردها فقط اوليفيه دي سر (Olivier de Serres) ، وحلت محلها عند رابليه وريمون اتيان (R. Estienne) كلمة ارنب .

وبالمقابل يضاف الى بقايا الاصل القديم نماذج من شذرات كتيبة ، ليست للاستعمال بقدر ما هي للدلالة المرجعية من ذلك التني المنسوب الى بيلون (Belon) من قبل الدروفاندي (Aldrovandi) لكلمة كريزاتو بلوني (Chrisaetos Bellonni) . وتأتي أخيراً الكلمات من اللغة العامية المستوحاة من مشاهبات تشكيلية او من محاكاة صوتية او من سمات تدخل في مجال الاداب والعادات او الهجاء .

ويجب ان نلاحظ غنى المحاكيات الصوتية الشعبية التوسيطية وبخاصة في المجال السمكي بالمقارنة وبالنسبة الى فقر المصطلحات الحيوانية القارية .

ثم انه اضافة الى علم في عز اغثنائه ، بسبب المجلوب من « الاراضي الجديدة » التي اكتشفها البحارة ، من أنواع غير معروفة ، ان المأخوذات المستمدة من الأصل المحاكاتي القديم لم تعد كافية ؛ جاءت كلمات أجنبية ، غالباً ما تكون محرفة ، ذكرها ثيفت (Thevet) واستعادها باري (Paré) نوعاً ما جاءت لثنمي لائحة الكائنات غير المعروفة من قبل . من هذه الكلمات ما هو أسوي ومكسيكي ومن جزر القرباب ومن أورغواي ؛ وعلى العموم انها مجموعة متنافرة متعددة الأشكال ومشوهة مملوءة بالأغلاط أو بالنقل المحرف والغموض ، حاول جسز (Gesner) والدروفاندي (Aldrovandi) ، بعد جهود ضخمة ، ان يصنفاها ضمن مرجع متعدد اللغات .

الاساليب التجريبية في التصنيف - 1 - الترتيب الأبجدي - الحل الاول : الوسيلة البسيطة التسلسل الابجدي والترتيب المعجمي ، المعتمد في « الجامع » الوسيطية : البير الكبير (Albert le grand) أو برتيليمي الانكليزي (Barthelemy) ؛ هكذا فعل غسز والدروفاندي رغم لجوئها ، في الترتيب التحتي ، الى ترتيبات أخرى أو منفعية أو أكثر منهجية⁽¹⁾ .

2 - التجريبية المنفعية - من الناحية الذاتية الخالصة ، رأى البعض ، مع بولن جيوفو (Paolo Giovio) أسبقية المطبخ والقيمة المتديتاتية الوليمية (المد ، الاسماك المدخنة ، المملحات) او ايضاً الترتيب المنزلي ، واضعاً الكائنات المدخنة أمام اسماك النهر Feril وولاند الغابات . وهذا رأي لم يرفضه «بوفون» Buffon.

التصنيف المثالي : سلم الكائنات ومعاييرها - يقابل وجهات النظر الواقعية هذه ، الأنظمة « المفضلة » ، وهي بناءات نظرية ، متماسكة تزعم انها تعبر عن « نظام الطبيعة » . 1 - التحركية الحيوية - ان افضل تعبير عن هذا التنظيم المثالي هو تنظيم « سلم الكائنات » انه تسلسل يوحى به تراتب الخلق «التوراتي» في اليوم الخامس واليوم السادس ، ونظام الكمال المتصاعد من عالم الجماد الى عالم الحياة والتعقل ، لان الطبيعة تنزع الى « خلق ما هو الاكمل » . نظرية جمالية صاغها من قبل الفينثاغوريون وافلاطون . وتكملها نهاية غائية تستخدم الانسجومات المسبقة والمقررة سواء بالنسبة الفيزيائية ام بالمعاطف والمحبة او بالتنافر والكراهة . هذا التصاعد يترجم اذاً سلسلة وظيفية تصاعدية عرفها من قبل أرسطو (الستايجيري) : الصعود الروحي انطلاقاً من الحركة الإحيائية الأرسطية (نفوس حيوانية ، فاحساسية ، فعاقلة) ؛ نظام يتمحور حول الانسان فيه تتأكد وحدة الخطوة بالانتقال من مملكة الى اخرى . في الاسفل المرجان (كوراي) الذي يعتبر في نظر كامبانيلا (Campanella) « شجرة بحرية » تصخرت ؛ في الأعلى « الزوفيات » - [حيوانات بحرية حيوانات عند فيلون (Philon) اليهودي وسكتوس امبيريكوس (Sextus Empiricus) ، ونبات حيواني عند تيوفيل الغزاوي] - التي تعتبر ، سنداً لأرسطو وبلين (Pline) ، انها من طيعتين ، الى درجة اننا لا نعلم ، يقول فيلون

(1) ان تصنيف الدروفاندي مدروس بتفصيل أكبر في ما بعد .

(Belon) : هل هي نباتات ام حيوانات ؟ ، والتي يصنفها رابليه (Rabelais) في (« بانتاغرويل » ، الكتاب الثالث ، 8) مع النباتات . فهي لا تمثل فقط في عالم الماء ، بل ايضاً على الارض الصلبة تحت صورة « يورامي اوبورامتز » ، او « آغنوس سيثيكوس » في « التارتاري » ، له جسم الحمل ولكنه يظل متجذراً في الارض بجذع مرتبط بالسرة . وأخيراً ، تذكر آخر في المجال الاساسي حسب قول سيزالينو (Cesalpino) المحرى الصاعد للدم البشري ، من القدم نحو الرأس مثل النسغ عند النباتات .

2 - المعيار الاخلاطي المزاجي - حول هذا المعيار تُستوحى الخطوط الكبرى من ارسطو . في اسفل السلم هناك الحيوانات المحرومة من الدم . وفوقها الحيوانات ذات الدم الاحمر ، الدال على تملك نوع من الحرارة الحياتية ، تتناسب مع الكرامة العضوية بحيث ان الانسان في نظر الستراجيري ، يجب ان يكون دمه هو الاكثر حماوة ، بحكم انه كائن اسمي .

3 - المعيار الوراثي - يضاف الى المعيار المزاجي في الكمال المعيار الوراثي . فالتغاير هو القاعدة لدى الحيوانات الدنيا : فالقمل ، يقول جهان ماسي (Jehan Massé) قد خلقت من أخلاط زائدة . ويقول جوزي دي آكوستا José de Acosta ان الجرذان والضفادع والنحل وكل الحيوانات الاخرى غير المكتملة تتولد من الارض . ويذكر باري Paré كيف عثر في كرمه في مودون Meudon على حجر اجوف ، مقفل من جميع الجوانب وبداخله صفع كبير حي ، الذي لم يكن ليتولد الا من نوع من الرطوبة العفنة . وبالعكس من ذلك فالحيوانات الكاملة ، وبحسب نظام الحكم الذي رسمه الله ، تتوالد عن طريق الجنس البويضي اولاً ثم بالولادة .

واسلوب التوالد الخلقي هذا ينزع الى دوام الشكل واستمراره مع تحسينه . ان معيار الوراثة المتشابهة ليس مطلقاً مع ذلك : من ذلك ان الازرة القطبية السائحة تتولد من بعض الاصداغ الشجرية التي رسمها ايضاً الدروفاندي (Aldrovandi) . وكذلك يرى بلين Pline ان طير الكوكل هو تحول من الباشق . ولا يجد بيلون صعوبة في الحاقه بالجوارح . ولا يستبعد باري امكانية التلاقي غير الطبيعي انما المخصب ، فتتولد كائنات مركبة ، ولكنها هنا شواذات . ومهما توهمنا في سلم الكائنات ، فاننا سوف نستمر في مواجهة الحواجز . الطوطا والنعامة ، الا يدلان ، بالعكس ، على الانتقال من عالم الطير الى عالم المشي ؟ . والانفعال بوحدة الخطة العضوية الا يتكشف في التماثل الميكلي بين الانسان والطير ، هذا التماثل الذي صورته بيلون Belon ؟ تماثل بل تماثلات ملحوظة ايضاً بين دواجن

الطير والحصان أو الفرد ، أشار اليها ليونارد دا فنشي Leonard de vinci وباري وفولشر كواتر Vol-cher Coiter . أيتوجب بعد هذا المناداة ببيلون Belon على أنه رائد التفسير المقارن ؟ أم الاكتفاء بتسريفة بالاسبقية العلمية ، أم التذكير بالأسلوب المقارن الذي سبق أن دعا له أرسطو ؟ لأن هذا السلم الحيواني الذي يراد له أن يكون وحيداً سوف يتجزأ الى أربعة أجزاء على يد كوفيه Cuvier

يضاف الى هذه المعطيات التشابهية اطر ذات نظام وظيفي (السباحات ، الزواحف ، المشاء والطيور الداجنة) وبيثوي (ايكولوجي) (الحيوانات المائية ، النواامي تحت سطح الارض ،

والأرضيات والفضائيات) مع إضافة الطائرات التي يفرضها أسلوب توزيع مصطنع للأسماك، وهي كل ما يعيش في الماء مثل: القشريات، والرخويات، والديدان، والشبوط والصفادع، والحوتيات، وعجول البحر، وأفراس النهر، وجرذان المياه، والكاستور (القندس)؛ وهو تصنيف وافقت عليه الكنيسة، ويحيز في الصوم الكبير أكل لحم القندس المذكور وغيره من الأسماك. والزواحف وهي كل ما يزحف، مما حدا بشفنكفلت (Schwenckfeldt) أن يصف الحلزونات إلى جانب الحية، ولويسر أن يصف مع الطيور الداجنة: الديكة والحجل والديابير والنحل والذباب، ودون أن ينسى السوطوط الذي صنفه بيلون Belon والدروفاندي Aldrovandi مع الطيور المتسلقة التي تطير ليلاً.

4- التصنيف الوضعي ونماذجه - تضاف إلى الخطة العامة متفرعات من نوع أكثر حصرًا، يقصد بها على الأقل من حيث التفصيل، تصحيح عيوبها. من ذلك أنه ظهر عند واتون (Wotton) الاوكسفوردي، الذي حاول أن يفسر المنهجية، وعند ب. بيلون (P. Belon)، عود محمود إلى التراث الارسطي المرتكز على التشريح وعلى علم الأجنة (أمبريولوجي). معطيات سطحية أحياناً تفرضها خصوصيات لحائية جلدية (أسماك طرية، ملساء أو شوكية «مغطاة بالقشرة» أو «بالجلد القاسي»؛ وأحياناً شديدة الحصر كما في مثل تصنيف المجترات سناً للقرون (أميليانو)؛ وفي غيرها مؤسسة بصورة أفضل على طبيعة الهيكل العظمي (أسماك غضروفية، أو عظمية)؛ أو شكل الأطراف (رباعيات، وحيدات الحافر أو مشقوقاته أو متعددة الأصابع؛ والكواسر ذات المخالب؛ طويلات الساق وذات الأصابع المتصلة). ويعود الفضل في أول تشريح جدي لصفيقات الجلود أو الجسئية (كالفيل...) رغم معرفة هذا التشريح منذ القدم، إلى جيل دالي (Gilles d'Albi)، الذي استطاع تشريح جثة فيل صغير كان مرسلًا إلى هنري الثاني (Henri II). والتمييز بين نوعين بحريين، من شواطئ فرنسا مثل الدلفين العادي أو فم الأوز (Delphinus delphies.L) وخنزير البحر (Phoca communis, less)، يتم الآن على يد بيلون، في حين كان الصيادون يأسرونهما منذ زمن بعيد. ويعفر لجبل دالي أنه جمع دون ما تميز، في صف الأسماك الزعنفيات والحوتيات، وذلك عندما نلاحظ دقة حججه المميزة.

المرحلة النهائية: وصف الأعراض والمفهوم الخاص الدلالي - كان لا بد للتصنيف، وهو يلخص التصور المثالي للكون ويحقق العلاقات الخفية بين المرئي وغير المرئي، من أن ينتهي من مجرد إلى المحدد ومن الفئة النظرية إلى تشخيص الواقع. وقد عرف غسнер (Gesner)، في أطاره المصطنع للتسلسل الأبجدي كيف يربط فيما بين مجموعات طبيعية جيدة من تلك التي سماها الساجيري (أرسطو) الأسر أو العائلات والأنواع.

ولكن الخصومات الوسيطية القديمة حول الكليات [وهي المعاني المجردة الخمسة: الجنس والنوع والفصل والخاصة والعرض العام] كانت يومئذ خامدة. وهذه المعاني لم ترتبط - كما هو حالها عند أرسطو - عند علماء الطبيعيات في القرن 16 بمعايير تجريبية محددة وثابتة. وأن نحن رأينا في بعض الاحيان، ترابط كلمتين متنافرتين، ضمن تعبير ذاتي التكوين، فما ذاك إلا بمحض المصادفة أو

بالاستثناء. ان المعجمية تظل تتغير، متنافرة او متعددة الاشكال فهي مرة وحيدة الاسم او مزدوجته او مثلثه، تقتصر بالمناسبة على نعوت تمييزية مبهمة (تبدل مذكر او مؤنث ، كبير او صغير) ؛ ومرة تضعيع في جمل وصفية ، او هي تنطلق من الهامات متعددة. لا شيء هنا منهجي . ويكون من العبث اعتبار بيلون (Belon) طليعة واضعي مدونة المصطلحات.المزدوجة .

III - علم الحيوان المصور

الوسائل والفنانون - الى انتشار العلم لم يستطع الفن الا ان يقدم الدعم. فكانت من جهة اولى الرسوم اليدوية كذلك التي نفذها البير دورر (Albert Durer) وليونارد دا فنشي (Leonard de Vinci). وكانت هناك من جهة اخرى الوسائل الطباعة : مجموعات النقش على الخشب، التي سبق وعرفت منذ 1350 في بال عند وسام الاقمشة .

ثم انتقلت فيما بعد الى مجال الطباعة الكتابية النموذجية (تبيوغرافيا) . وبعدها جاءت الطباعة النحاسية (شالكوغرافيا = شالك = النحاس) او الحفر على صفائح النحاس بواسطة محفر او ازميل . وقد جرت المحاولات الاولى، على ما يبدو، في بـورغونيـهBourgogne ، قام بها صاغة، منذ 1450 في فرنسا والمانيا وايطاليا. وظهرت رسوم على خشب في اول الكتب عن الأعشاب (Herbarium Apulei) في روما 1481. اما المحفورات على النحاس فقد كان منها نماذج سابقة، في المانيا والبلدان المنخفضة، على تلك التي تبجح تيغت Thevet بأنه كان السباق اليها واشاعها في باريس في « رجال مشاهير » .

وقد وجدت منها نماذج على اوراق طيارة. وهناك نماذج اخرى على مجموعات « ألـبوم » او ضمائم من اللوحات امثال: « صور طيور وحيوانات واقاعي » وضعها بيلونBelon (باريس، كافيـلات1557)، « آقيون فيفا ايكون » لأديان كوليرت Adrian Collaert ، ثم « ايكون أنيماليوم... » لغسبر، (زوريخ 1560)، ثم « قينانوس اوكيبوم » للونيسرLonicer، (فرانكفورت 1582) « ولوحة الجسم البشري » لـف. كواترV.Coiter، (1573). وشاعت أخيراً الصور والرسوم الرمزية (= فينيث) في النصوص: حروف مزخرفة، أضاف اليها أمثال دوررDürer، وهولبين Holbein سمة واضحة، جافة قليلاً، من محفرهم؛ أو رسوم ذات قيمة متغيرة جداً في النصوص وخارج النص .

وكان الفنانون ينتمون الى قوميات متنوعة جداً. وعن مطابع مطبعة بلانتانPlantin، في انفرسAnvers، خرجت رسوم فان در بورطVan der Borch، من اجل « كولوكيوس » غارسيا دا أورتاGarcia da Orta، حفرها أ. نيكولاA. Nicolai الذي زين بالرسوم ايضاً الطباعات الاولى الباريسية من كتاب « ملاحظات » اويسرافاسيونL. بيلونBelon، وكذلك طباعات كتاب ايكزوتيـكورمL. كلوزيوزClusius حيث تمثلت حيوانات كانت حتى ذلك الحين غير معروفة . نذكر

ايضاً لوحات الثدييات والطيور لـ ابراهام بلومار Abraham Bloemart حفرها ب. بولسورت B. Bolswert، ولوحات كوليرت Collaêrt. وتضمن كتاب « ذوات الاربع » لـ ميشال هر Michel Herr (1546)، 64 رسمة محفورة على الخشب وغير موقعة تمثل بشكل امين نوعاً ما ثدييات اوربا وبعض الانواع الاجنبية.

ويعود الفضل في بعض المحفورات الخشبية « غرائب من فرنسا القطب الجنوبي » لـ تيفت (Thèvet) الى حفار من مقاطعة اللورين الفرنسية هو كل. وريوت (Cl. Woëriot) الذي حفر بعض رسوم الباريسي ب. غودي (P. Goudet) (غورديل) لكتاب بيلون (Belon) : طبيعة الطيور.

وازدهرت سلالات فنية فيها وراء نهر الرين. وكانت المحفورة الاولى عن الزرافة، المستعادة من قبل تيفت، وتعود الى الملون ارهارد ريوش (Erhard Reweich) الذي ذهب الى الارض المقدسة في القرن 15. وكان هناك آخرون معنيون بالحيوانات منهم : الاخوان هوفناجل (Hoefnagel)، وجوست آمان (Jost Amman) الذي زين تياربوخ لـ جان بوكسبرغر (Jan Bocksberger) والبير دورر (Albert Durer) الذي خلف عدة رسوم اشهرها، بتاريخ 1515، تمثل وحيد قرن مقدم الى ليون العاشر (Leon X) من قبل عمانوئيل (Emmanuel) البرتغالي. واخيراً زينت الطبعة اللاتينية لـ 1556 والطبعة الالمانية لـ 1557 عن كتاب متاليكا لـ أغريكولا برسوم على خشب رسمها هانس رودلف مانويل دوتش (Hans Rudolf Manuel Deutsch). وفي سويسرا استخدم غسner مواطنيه الزورنغين هانس أسبر وجوهان تومان (Johann Thomann, Hans Asper)، ومن اجل طيوره استخدم لوكاس شرون (Lucas Schroen) (شان). وفي ايطاليا استأجر سالفان (Salvian)، لمدة سنتين، برنار آرتين (Bernadus Aretinus)، وغيره من الفنانين؛ واستعان الدروفاندي، بالرسامين كورنيل سونت (Cornelius Swint)، من فرانكفورت وبخفارين اثنين همالورنزو (Lorenzo) وبرنييني (Bernini).

من فلورنسا، من نورنبورغ : ش. كوريولانوس (Coriolanus) وحفيده. وقام جورج. رفردي (Georges Reverdy)، هارب من شبه الجزيرة، برسم « الاسماك » لـ روندييه (Rondelet)؛ في حين استعاد بيلون Belon من دانيال باربارو Daniel Barbaro، سفير البندقية في لندن، صور بعض اسماء بحر الادرياتيک، والمتوسط، وبحر ايجيه واليونتيك التي رسمها رمامه بيليني (Peliniو). القيمة متفاوتة للرسوم - الا ان القيمة المستندية لهذه الرسوم متفاوتة. ان الكليشيهات العابرة او النقالة كثيرة للغاية، وهي تنتقل بالعبارة او بالكز من كتاب الى آخر (راجع المسوخ لـ پاري). فضلاً عن ان الكثير منها مزعوم ومشوه اما بفعل التراث الفني القديم، مثل صورة الدلفين، واما بايحاء غير واع اسمي، او خرافي مثل القهقيران (Amphisbène) لونيصر (Lonicer). واخيراً هناك منها ما هو غير صحيح.

وعلى الرغم من قرصنات الخطافين الباسك مثل فون كوب (J. Von Cube) الحيتان بشكل جنيات بحر ثديية، وزودها غسner (Gesner) بنفسه بزعانف رهيبة ومتعددة. واعتبر بيلون (Belon) شاربي الحوت، اللذين نُقِلَ عنها نافخ التنورة [شريط تنزرن به النساء لينفخ التنورة]، وكانها شعر

الخواجب عند هذه الحيتان . وهناك ما هو أفضل بالنسبة الى هذه « الوحوش البحرية التي لها شكل الراهب » التي سبق ان اشار اليها البير Albert الكبير، وجون فون كوب J. Von Cube ؛ وقد أهدي رسم لها الى رونديليه (Rondelet) من قبل مارغريت دي نافار (Marguerite de Navarre) . وهي رسمة مرتبة تبرر العنوان الذي اطلق عليها مرة بعد مرة : وحش اصطناعي ؛ الفقمة ذات البطن الأبيض ، أو الفقمة ذات المعطف والياقيات من الاخطبوطيات العملاقة .

اما زخرفيات لونيير (Lonicer) ، المدرجة في النص ، فهي قبيحة وصغيرة . اما رسومات رونديليه (Rondelet) ، فعلى الرغم من صعلكتها مثل رسومات بيلون ، فهي على العموم مضبوطة من حيث التفصيل ، في حين ان الـ 99 لوحة المحفورة لـ سالفياني (Salviani) ، فهي على رغم جمالها ، لا تحسب الا حساباً تقريبياً للاشواك والغلاصم الخ .

اما رسومات غسنر (Gesner) ، فعلى تفاهتها ايضاً ، الا انها على العموم دقيقة ، وخاصة ما يتعلق منها ببعض الفقرات البحرية المصورة بشكل جيد . واما محفورات كتاب ميشال هر (Michel Herr) الذي سبق ذكره فهي على العموم حسنة . ولا نجد أي اعمال مدهشة الا في مجال التفسير البشري ، في هذه اللوحات الفحمة التي تمثل الهياكل العظمية المتكئة في وضع الحفار المفكر الذي رسمه رجل اسمه فان كالكار (Van Calcar) لـ فيزال

تركز ، في النهاية ، على المجلوب الايقوني الذي تم بفضل اكتشاف العالم القديم والذي عرض مع كولوكيوس لـ غارسيا دا اورطا (Coloquios Garcia da Orta) . وخاصة بعد اكتشاف « الأراضي الجديدة » امثال صور : التاتاو « قنفذ البرازيل » لبيلون وغيره الكثير من الكائنات التي رسم. كلوزيوس والاسبانيون ظلها بشكل دقيق نوعاً ما . وهذا لا ينفي ان التزيين بالصور يؤدي الى مزيد من الواقع المصور الذي لم تتضمنه خطابات الاقدمين الكتابية

الفصل السادس :

علم النبات

ان اختراع المطبعة ذات الحروف المتحركة ، في اواسط القرن 15 ، قد طبع بدايات علم النبات الحديث . ولم تكن اليقظة تنسم في بادئ الامر بشيء من الاصاله . وفجأة حدثت طفرة في المؤلفات : فصدرت اطالس سميت « معشبات » منها : ارباريوم ابولي (Herbarium Apulei) ، (روما 1481)، وارباريوس زودوتش (Herbarius zu Deutsch)، ل. بيتر شوفر (Peter Schoffer) ؛ اورتوس سانيتاتوس (Ortus Sanitatis) (1491) ، واربولاي (Arbolayre) (باريس 1495) ، و« المعشب الكبير بالفرنسية » (1526) . الخ . ونالت نجاحاً كبيراً . إلا أنها لم تكن الا تجميعات ذات استعمال عادي ، وأدوات للدلالة على « البساتن من الأعشاب الطبية » . والرسومات فيها هي في أغلب الأحيان للزينة وتدخل في مجال المهوية الخالصة . والمحصل : عودة قوية الى العصور القديمة الاغريقية اللاتينية .

ومنذ القرن 16 ، نزعت دراسة النباتات الى التحرر من النثر التقليدي والى ان تستقل بذاتها ولذاها . وبدأ تفحص الطبيعة ؛ وبدأ عصر الرحلات الكبرى والرحالة النباتيين . بالتأكيد ، لقد وقفوا طويلاً أمام الترجمة وأمام تفسير ديوسكوريد Dioscoride أو بلين Plin⁽¹⁾ . انما على نفس الخط ارتسمت السمات العريضة التي سوف لن تكذب او تخيب ، والتي فرضها البحث عن معرفة مباشرة واضحة وقابلة للانتقال . وبدأ الاهتمام - وهذا نشاط جديد - بتجفيف النباتات وتجميع كتب

(1) ان النص الاغريقي « تاريخ النبات » و « في اسباب النبات » ل. تيوفراست Théophraste ، ادخل في المجلد 4 من طبعة مباحي، ارسطو (البندقية 1497) واعيد طبعه سنة 1541 ونشرت الطبعة اللاتينية ل. تيوفيل الفزاوي سنة 1483 واعيد طبعها عدة مرات في القرن 15 . وكان من اهم شراحها : رويل Ruel ، غسner Gesner ، سيزالينو Cesalpino وزالوزنسكي Zaluzansky .

اما شروحات ديوسكوريد فقد نشرت ، لأول مرة ، باللاتينية سنة 1478 وبالاغريقية 1499 . 6 طبعات اغريقية و8 لاتينية (واشهرها طبعة ماتيولي 1554 ؛ وكانت موضوع اعادة طبع مع رسومات خشبية سنة 1565) و3 ترجمات ايطالية ، و3 فرنسية الخ. صدرت لما قبل نهاية القرن 16 .

اما كتاب تاريخ الطبيعة ل. بلين Plin الذي طبع بعد 1469 فقد اعيد طبعه لا اقل من 18 طبعة (15 لاتينية و3 ايطالية) . وفي القرن 16 صدر له حوالي 50 طبعة لاتينية . ولكنه لم يترجم نسبياً الا قليلاً (الى الفرنسية 1562 والانكليزية 1601) . في حين صدرت له شروحات كثيرة جداً بمختلف اللغات .

الاعشاب ، مثل كتاب لوكا غيني (Luca Ghini) ، المفقود اليوم ، او كتاب تلميذه جيراردو سيبو (Gherardo Cibo) الموضوع فيها بين 1532 و1540 ، والذي حفظ في المكتبة الانجيليكا في روما ، أو أيضاً كتاب الجراح الليوني جيرولت (Girault) الذي يرقى الى 1558 والموجود في ميزيوم باويس .

وفي القرن 16 أيضاً استعداد التصوير الايقوني (ايكونوغرافيا) النباتي نشاطه وهذا بعد 1530 ، مع كتاب «هرباروم فيفا ايقونة» (Herbarum vivae eicones) لـ اوتو برونفل (1489 - 1534) (Otto Brunfels) ، وهو كتاب تكثر فيه الصور البدئية ، والامينة الخالصة ، التي تعزى الى عبقرية هانز ويلدز (Hans Weiditz) ؛ كمالاً نجده عند فوز (هيستوريستيريوم Historia Stirpium 1542) ، نيو كروتربوخ (1543, New Kreüterbuch) وايضاً عند الكتاب الكبار الاخرين امثال : غسنر (Gesner) ، بوك (Bock) ، ماتيويلي (Mattioli) ، لكلوز (L'Ecluse) ، او حتى عند دالشان (Dalechamps) ، الخ .

ولا يمكن لعصر النهضة الذي انجب دورر (Durer) وليونارد دافنشي ، وهما رسامان للنباتات في زمنها ، ان يعلم ما يعبر به عن نفسه هو ايضاً ، بوضوح .

وكذلك فن أو غلم الوصف ، قد تثبت . ومرة واحدة بلغ كتاب امثال فالري كوردوس ، (Valerius Cordus) ، (1515-1544) ، او شارل لكلوز (Charles de l'Ecluse) (1526 - 1609) الذرة . وترك لنا كوردوس الذي توفي عن 29 سنة ، تاريخاً في النباتات ضم 500 نوعاً منها 66 جديداً . ودرست النباتات في أغلب الاحيان وهي حية في الطبيعة او مغروسة . وكان الوصف يستعمل فيه الافعال النشطة (و.ت. ستيرن W.T.Stearn 1966) ، وهي اي هذه الاوصاف تلقت النظر بما فيها من حيوية .

ومع فوز ودودن (Fuchs et Dodoens) دخلت المعجميات في كتب النباتات المنشورة . وبعد ذلك تطورت اللغة التقنية التي كانت حتى ذلك الحين بداية ، وذلك تمثيلاً مع الاحتياجات ومنع تطور المعرفة لتصل مع جانغ (1678) الى مستوى أصبح أساسياً .

وكانت الغاية تعريف ماهية النباتات المعروفة وغيرها ثم وصفها ، بصرف النظر عن خصائصها ثم تصنيفها بحسب معايير موضوعية : هذا هو الامر الذي تم السعي اليه وفي هذا مظهر اصالة عصر النهضة . وكان هناك في أغلب الاحيان ، كما سنرى حركتان متميزتان .

التصنيف ثم جردة النباتات والمغروسات . في القرن السادس عشر كانت العلوم الطبيعية ، وبصورة خاصة علم النبات محكومة بعبقرية قوية من نمط «العالم الموسوعي» الذي كان معروفاً في عصر النهضة ، وهو كونراد غسنر . (Conrad Gesner) (1516 - 1565) من زوريخ . عرف هذا العالم باستكشاف جبال الالب وايطاليا وفرنسا . وراسل العديد من المراسلين ، من انكلترا حتى بولونيا ، وكانوا يرسلون له المواد . وعندها مات ، كان قد وصف ورسم له أو رسم بنفسه ، عن الحي أو عن الجلامد ، العديد من مشات النباتات الجديدة وخاصة أغراس الجبال ارينجيوم ، رودوداندرون)

(Eryngium, Rhododendron). وكانت عنده الهامات حول مفاهيم النوع والجنس. ونعرف عن طريق مراسلاته، انه كان ينوي وضع أسس تصنيف طبيعي، وزعم انه قد وصل الى ذلك باستخدام صفة الزهرة والثمرة. وبهذا الطموح، لا من حيث هو كذلك بل من حيث ما فيه من عزم وتصميم، وضع غسнер (Gesner) أصول علم النبات المنهجية الحديثة. وهذا الموقف سوف يقفه أيضاً ف. كولونا (F. Colonna, 1616) وكبار المصنفين في أواخر القرن السابع عشر. انما للأسف، لم ينشر غسнер (Gesner) الا كتالوغاً نباتياً واحداً، (1542)، اما انتاجه الضخم في علم النبات، والذي كان ملحقاً في كتابه تاريخ النباتات الشهير فقد بقي غير مكتمل وظل غير مطبوع حتى القرن الثامن عشر. ولا نعرف ما هو تأثيره في تعليمه وفي حياته لو انه اصدره في حياته.

واذا كان من غير الممكن ان نكتشف اية رغبة في تجميع الانواع لدى هذا او ذاك من معاصري غسнер أمثال أوتو برنفل (Otto Brunfels) وليونارد فوش (Leonhard Fuchs) (1501-1566) ⁽¹⁾ فإن هذه الرغبة تبدو لدى شخص مثل جيروم بوك (تراغوس) (Tragus, Gerome Bock) (1498 - 1554) تلميذ فوش، او لدى ريميرت دودن (Rombert Dodoens) (دودونوس Dodonaeus)، (1518 - 1585). وقد قويت هذه الرغبة عند هذا الأخير بين كتابيه، كروت بوك (Crydt - Boek) لسنة 1554، وهو كتاب في «الاعشاب» نشر في اللغة الفلمنكية، وترجمه الى الفرنسية لاكلوز (L'Ecluse) (1557)، وستيريوم هيسوريا (Stirpium historiae) (1583). .. وهو كتاب ممتاز، وحديث في كثير من نواحيه، وفيه وزعت النباتات بحسب خصائصها، ولكنها وردت في كل كتاب مصنفة بشكل يميل الى التنسيق: القرعيات، الصليبيات، الصبوانيات. وكان دودن قد نشأ في مالينز (Malines) ودرس في لوفان، وفي جامعات المانيا واطاليا. وكان مواظباً ومساعداً لمختلف علماء النبات، وخاصة لاكلوز (L'Ecluse) ولويل. ويتحريض من كريستوف بلاتين (Christophe Plantin) وهو عالم بالطباعة ومحِب لعلم النبات نشر دودن كتابه «الاعشاب». وبعد 1552، بدت طبعة كير (Kyber)، لكتاب ستيريوم ماكزيم ايروم (Stirpium, Maxime earum). .. ل. ج. بوك (J. Bock)، المقدم له من قبل غسнер (Gesner). بدا هذا الكتاب كفعل مرتجل وغير مؤكد لولادة المجموعات النباتية الاولى: الشفويات، القطنيات النجيليات والصبوانيات. ولكن الحركة كانت قد انطلقت: وسوف تنمو وتقوى بسرعة، وخاصة مع كتاب بيار بينا (Pierre Pena) وماتياس لوبل (Matthias de Lobel) او (لوبليوس Lobelius): ستيريوم ادفرساريا نوفا (1570, Stirpium adversaria nova). وكانت المجموعات الوحيدة الفلقة والثنائية الفلقة، والصليبيات، والقرنفليات، والشفويات، والصبوانيات، والقطنيات، قد اخذت خصائصها حقاً. وهي لم يرد اسمها فيه. ولكن فكرة البحث عن اوجه التشابه كأساس للتصنيف قد توضحت تماماً. وفي سنة 1576 اكمل لوبل (Lobel) هذا العمل بنشرة اكثر اهمية في كتاب اسمه: بلانتاروم سو ستيريوم

(1) كان فوز، طبيباً في ميونخ ثم انغولستاد وفي توينجن، وقد عرّف باكثر من 500 نبتة، خاصة طبية عدد اسمها وشكلها ومكانها وطبعها وخصائصها. ولكنه ذكرها بعدم انتظام. وكانت كبه الصغيرة سهلة التداول وقد ساعدت كثيراً على نشر حب علم النباتات.

هستوريا، Plantarum seu stirpium historia، مع 1486 صورة لم ينشر جزء كبير منها من قبل . واكمل كتابه ، بناء على تشجيع من كريستوف بلانتين (Christophe Plantin)، وفي سنة 1581 قدم عنه ترجمة مقرونة بـ فهرس من 7 لغات . و مجموعة صور (اليوم) مؤلفة من 2491 صورة . مع اشارة الى كل المدرجات السابقة حول مختلف الانواع . وكان في هذا اداة عمل سهلة جداً ، وكان ليني (Linné) يعود اليها غالباً .

وها نحن قد وصلنا الى سيزالين (Césalpin) : اندريا سيزالينو (Andrea Cesalpino) أو كيزالينو (Caesalpinus)، (1519-1603)، وكتابه « في نباتات القرن السادس عشر (1583) : كتاب أخذ ضخمة في عصره . وبعد سيزالينو (Césalpin)، وتقليداً له ، بدأ عهد علم النباتات يوعي تام في الحركة الكبرى التي سوف تحدده كعلم خاص . ولاول مرة برز نظام مرتكز على تحليل كل أقسام النباتات ، وخاصة الزهرة والثمرة وبخاصة البذرة ، والدعوى التحليلية هي الدعوى التي تبناها تورنفور (Tournefort) بعد قرن من الزمن : فهو قد استند الى العدد ، والى موقع الاجزاء النسبي ، والى اشكالها . وبصورة خاصة الى موقع منخفض المبيض بالنسبة الى بقية اجزاء الزهرة .

وان كان سيزالينو (Césalpin) ارسطوياً متحمساً إلا أنه لم يضع تصنيفاً معرضاً عن الاستقراء وقد أسى عموماً فهم المدى الحقيقي للمبادئ المسبقة بريم كام (Bremekamp) (1952) التي استند اليها . والواقع ليست هذه المبادئ مرشداً بقدر ما هي محاولة تبرير نظرية ولا حقة .

وقسمة النباتات الى ليفية خشبية من جهة والى عشبية من جهة أخرى كان ولا شك تنازلاً وميلاً الى تيوفرست . وهو اتجاه سار به الى حد ما بعض المؤلفين الحديثين . وكذلك ، ورغم الاهتمام بالبذرة ، لم يعرف سيزالينو الفاصل الكبير بين وحيدة الفلقة ومزدوجة الفلقة . بل ركز على اهمية التصنيف الاسمي الذي أعطي للنبات التناسلية . وهذا التركيز هو وليد تحليل عميق واعتراف بالمعنى الحقيقي للخصائص المدروسة ، اكثر مما هو ايمان بأفضلية ويسمو الوظيفة التناسلية . ورغم المبادئ الفلسفية المنثرة التي تمسك بها سيزالينو ، فقد وضع أسس المنهجية التي تولاها من بعده تورنفور (Tournefort) وآل. جوسيو (A.L.de Jussieu)، والتي تتطلب الاهتمام بالسلمات والخصائص .

وقد أثبت فينس (Vines) وجود حركتين في علم النبات في القرن السادس عشر . الحركة التي نكلمنا عنها وفيها يوجد مصدر علمنا الحديث ، كما نكلم ايضاً عن حركة النباتين والوصافين ، الذين قلما اهتموا بالبحث عن الاطر وعن الاسس ، بقدر ما اهتموا بالوظائف الآتية للوصف . وهذه الحركة كان لها ايضاً ممثلون عظام امثال برونفل (Brunfels)، فوز (Fuchs) وكورودس (Cordus) (الذين سبق ذكرهما .

وأحد أكثر مشاهير الوصافين في تلك الحقبة كان شارل دي لاكلوز (Charles de L'Ecluse) أو كلوزيوس (Clusius، 1526 - 1609). ولد في اراس (Arras)، ودرس في مونبليه حيث اشتغل

سكربتيراً عند روندليه (Rondelet). واعتبر من بين أشهر النباتيين في تلك الحقبة، من تلاميذه: بوهين (Bauhin)، لوبل (Lobel)، بينا (Pena) الخ. وكانت مونبلي، لعدة قرون، ما كانت دائماً: مركزاً مهماً للبحوث في علم النبات. وقد اشتغل لاكلوز في النباتات، في أهم بلدان أوروبا، قبل أن يبدأ، في فينا، بإدارة جنائن الامبراطور ماكسيميليان الثاني، ثم استأذا في جامعة ليد (Leyde). وقد ترك عدداً كبيراً من المؤلفات وخاصة (تاريخ في النباتات النادرة 1601)، وفيه وصف ورسم حوالي 1585 نبتة. وصنف كشجر وشجيرات، ونباتات بصلية ذات روائح جيدة او فاسدة أو بدون رائحة، أو نباتات سامة او مخدرة او حريفة حادة، كما صنف ضمن فئات حليبية أو صوانية، أو سرخسية أو نجيلية أو قرنية. وإذا كان تصنيف شارل لاكلوز (Ch. de L'Ecluse) ناقصاً كثيراً، فإن اوصافه العلمية جداً، تدل على فكر مراقب ومطلع وأصيل. واليه يعود الفضل في وصف عدد من الفطر صنفه كصالح للاكل، وكضار، او مقعر للدم.

وكان واحداً من الاوائل الذين غرسوا ودرسوا حبيبات البطاطة التي استوردت من الطرف الشمالي للاندلس حيث اكتشفت من قبل الاوروبيين سنة 1537. ووصلت الى اوروبا قبل 1570. واعتبرت هذه النبتة ومثلت، لأول مرة في اوروبا، في مؤلفات ج. بوهين (1596, G. Bauhin) وجان جيرار (1597, J. Gerard).

وفي ذات الوقت تقريباً ترك شخصان من بال، هما ابنا طيب أميان، الاخوان بوهين: جان (Jean Bauhin) (1541-1612)، وغسبار Gaspard (1550-1634)، مؤلفاً مهماً. واصبح جان، وكان معلمه فوز (L. Fuchs)، طيب دوق ورتمبرغ (Wurtemberg). ومكث في مونبليار، وجمع عناصر كتابين نشرها بعد موته: هيستوريا بلانتارم برودرومو (Historia plantarum) (1619) (prodromus)، وهيستوريا اينفرسالييس بلانتارم (Historia universalis plantarum) (1650-1661). وكان هذا الكتاب الاخير يقسم الى 40 بحثاً. وقد زين بـ 3426 صورة اخذت جزئياً من فوز (Fuchs) وتعطي وصفاً لـ 5226 نبتة. والحق يقال انه مجموعة ضخمة تضمنت كل ما كتب حول النباتات منذ العصور القديمة. وقد تراسل جان بوهين (J. Bauhin) مع أغلب النباتيين في عصره. ونشر سنة 1594 الرسائل التي تبادلها مع غسار (Gesner).

أما بحث غسبار بوهين (Gaspard Bauhin) فكان اكثر أهمية. فقد سبق له في كتابه فيتوبيناكس (Phytopinax - 1596) أن عرف بـ 2700 صنف مع تفرعاتها. ومنها البطاطا التي وصفها حقاً بالاسم الذي احتفظت به فيها بعد. ولكن كتابه بيناكس ثياتري بوتانيي Pinax theatri botanici (1623) هو الذي كرس مجده. انه عمل تشريعي كان له تأثير كبير على تورنפור (Tournefort) وعلى لينني (Linné). وهو قد أبرز اهتماماً بالمعرفة وخاصة بالتوضيح وهما أمران غير معروفين حتى ذلك الحين. كان بوهين يعين كل نبتة، وقد تعرف على 6000 منها، باسم لاتيني ملائم لما اصبح، بعد 70 سنة من تاريخه، «النوع»، والحقه بنعتين أو ثلاثة نُعتت تدل على الجنس: انها مسودة المصطلحية الثنائية التي فرضها فيما بعد لينني. فضلاً عن ذلك، كان يذكر لكل جنس الاسماء التي اعطيت له

سابقاً . والظل الوحيد المخيم على هذه الميزات ، هو ان تصنيفه لم يدل ، وهذا اقل ما يمكن ان يقال ، على اي تقدم يميزه عن تصنيف سيزالينو ، الذي سبقه بنحوالي نصف قرن . ويمكن ان نذكر أيضاً من بين المؤلفين الفرنسيين ، ريشر دي بلفال Richer de Belleval (1632-1564) وجان دالشان (J. Dalechamps) (1588-1513) وجان رويل (Jean Ruel) (1537-1479) الخ. وكان الأول قد حفر على النحاس أكثر من 500 لوحة تمثل نباتات بيرنيه والالب والسيفن . وكثير منها كان جديداً . وللأسف لم تسحب هذه اللوحات ، والبعض منها استخدمها جيلبرت (Gilbert) في « استعراضاته » النباتية (1789) . كان دالشان (Dalechamps) معلقاً ومفسراً لبلين وطيبساً في ليون فاستطاع ان يستغرس في منطقة غنية جداً بالنباتات . وامر بحفر رسوم الاغراس التي تلقاها من لوبل ولاكلوز الخ ، ونشر مع ديمولين (Desmoulins) ، سنة (1587) « تاريخاً عاماً للنباتات » وفيه 2731 رسمة على خشب ، ويدل الاضطراب على مقدار الحاجة الى التصنيف . فضلاً عن ذلك قد يظهر نفس النوع في نوعين او ثلاثة أنواع مختلفة . ونشر رويل (Ruel) ، وهو عميد كلية الطب في باريس ، سنة (1536) « دي ناتورا ستيريوم » (Natura stirpium) وهو مرجع بحق للمعارف النباتية في زمنه .

نشير ايضاً الى بعض المؤلفات ذات الاهمية الاقل . المجموعة الكبيرة لـ اوليس الدروفاندي (Ulisse Aldrovandi) وهي تتضمن بصورة خاصة « علم الأشجار » . ونشر ج. دوشول (J. Duchoul) وآدم لونيسر (Adam Lonicer) بعض المعالجات الاصلية جزئياً . ووصف الالماني ت. تابرنامونتانوس (Th. Tabernaemontanus) (برغزابرن) (Bergzabern) ، تلميذ بوك (Bock) سنة (1590) في كتابه « صور نباتية » ، (5800) نوعاً مقروناً بـ 2480 رسمة نقلها عن مراجع مختلفة لم يذكرها . وقد أعيد طبع هذا الكتاب سنة 1687 فساعد على تقدم علم النبات . وكان لا بد من انتظار القرن 17 ، حتى اخذت تظهر نماذج مرتبة بكل النباتات في بلد معين . وبالنسبة الى الحقبة التي تعيننا ، وعدا عن اعمال النباتيين المستكشفين الذين سنذكرهم فيما بعد ، لم تكن قد صدرت الا نشرات قليلة تستحق اسم « عالم النباتات » . وقد سبق ان ذكرنا كتب فو (Fuchs) وغسفر . نذكر ايضاً ان غسفر اصدر سنة 1561 دراسة ارثية لـ ف. كوردوس (V. Cordus) (بعد موته) مخصصة بنباتات ايطاليا . وكانت الصور جميلة ، ولكنها كانت صغيرة ومرتبطة بدون اية منهجية . وبدأ ش. لاكلوز (Ch. L'Ecluse) بدراسة نباتات اسبانيا والنمسا . واعطى ثاليوس (Thalüß) سنة 1588 ، مجموعة نموذجية بنباتات غابات تورينج . ونشير ايضاً الى أن فر. كالفولاري (Fr. Calzolari) وج. ف. بونا (J.F. Pona) درسا نباتات مونتي بالدو الخ .

بنية النباتات ووظائفها - اذا لم يكن بالامكان الكلام ، في هذه الحقبة ، عن تشريح نباتي وعن علم وظائف النباتات ، فان ملاحظات سيزالينو (Césalpino) تستحق اشارة خاصة . فهو يرى ، كما ذكر في مطلع كتابه « دي بلانتي ليبري » 16 (1583) انه يمكن رد مبدأ حياة النباتات الى ثلاث وظائف : الغذاء والنمو والتوالد . الا ان النباتات ليس لها مثل الحيوانات ملكة الاحساس والحركة ، فان تنظيمها وان شابه تنظيم الحيوانات ، فانه لا يستدعي الا اجهزة اقل تعقيداً . ثم انه يعتقد ان النباتات

لها روح موقعها في اللباب ، في نقطة التقاء الساق والجذر اي عند الرقبة التي يعتبرها بمثابة قلب النبتة . من هذه النقطة الاساسية تنطلق من جهة ، نحو الاسفل ، الجذور التي لها دور الفم لدى الحيوانات ، او بالاحرى لها دور المعدة الحقة ، تمتص وتضمص العصارة الغذائية . ومن جهة اخرى ، ونحو الاعلى ، ينطلق الجذع المنتهي بالازهار التي تحيط اجزاؤها بالثمرة ، كما تحيط الاغشية عند الحيوانات بالجنتين .

واذن فالنباتات تشبه الحيوانات التي رأسها الى اسفل . وكما هو الحال ، بالنسبة الى الحيوانات ، فان النسغ يرتفع عبر الجذور ، ثم عبر الجذع ، لكي يرتد الى الرقبة من الاوراق ، تماماً ، كما هو الحال عند الحيوانات ، حين ينطلق الدم في الشرايين ثم يعود اليه عبر الاوردة . وقد لاحظ سيزالپينو (Cesalpino) ان هذه المنطقة المميزة ، وهي العنق او الرقبة ، تتوافق مع نقطة سماها « كوركولم » واقعة فوق او تحت البذور .

وعقب هذه الحقبة وصف ف. كوردوس (V.Cordus) الذي اكتشف الدرنات البكتيرية للجذور (وغارسيا دا اورتا (Garcia da Orta)، حركات الاوراق ، لدى القرنيات وحاول تفسيرها .

الجنس - اشار ج. بونتانوس (J.Pontanus) سنة 1505 الى وجود نخل « بلح » من جنسين مختلفين . ولكن كاتباً فارسياً القزويني اشار منذ القرن 14 ، الى هذه الواقعة ، بكلمات واضحة جداً وتستحق الذكر : « ان النخلة تشبه الانسان تماماً . . . من حيث قسمتها الى جنسين متميزين : ذكر وأنثى ، ومن حيث خصوصيتها انها تخصب بنوع من الجماع » .

وفي سنة 1592 ، حقق ب. أليپينو (P.Alpino) على النخيل ، أول تجارب الاختصاب الاصطناعي ، وهي عملية عرفها البابليسون من قبل . وبذات السنة أكد آ. زالوزانسكي (A.Zaluzansky) ، بناء على افكار بلين (Pline) ، ان كل النباتات تحمل اعضاء ذكورة او أنوثة ، مرة مجتمعة ، ومرة منفصلة ، وفوق سوق مختلفة . ولاحظ سيزالپينو ايضاً ، في حشيشة الزنبق أو الحريق أو الحلوب أو القنب ، وجود نوعين من السيقان ، بعضها عقيم اجذب ، وبعضها خصب ، وذلك عند وجودها في جوار البعض العقيم ، حيث يفترض ان بأنثى « دق » من شأنه اخصابها .

ومن جهته وصف ج. ماناردي (G.Manardi) ما وصفه ليبي بالمثير وقام ف. كوردوس (V.Cordus) بمراقبة تناسل السرخسيات .

النبات الطبي - ان الاهتمام الموجه ، منذ نهاية القرون الوسطى ، نحو دراسة كتب علماء الطبيعيات من الاقدمين يتأتى بصورة اساسية من أن هذه النصوص تشير الى لخصائص الطبية للنباتات . وغالبية علماء النبات القدامى كانوا بالواقع اطباء وصيادلة ويهتمون قبل كل شيء « بخصائص البسائط » : (الأعشاب الطبية) .

وطور باراسلس النظرية الغريبة « سينياتور بلانتارم » وبموجبها هناك تشابه في الشكل بين مظهر اعضاء النبات والامراض التي يفترض بها ان تسببها . مثلاً أن بقلة الخطاطيف ، (خشخاشية) ذات

« الدم » الاصفر تشفى من مرض الريقان . اما الليمك ذو الاوراق القلبية الشكل فيشفى من امراض القلب . اما « ذات الرئة » واسمها مشتق بالضغط من كون صفيحة اوراقها ، الذي يذكر عموماً بجيوب الرئة ، فهي توصف ضد امراض الصدر .

وكان احد الذين ساهموا اكثر في نشر هذه العقيدة هو جيام باتيستا دلا بورتا (Giam - Batista della Porta) ، (1535 ? - 1615) الذي عمل في كتابه « فيتوغنوميكا » (1588) من اجل البحث ومن اجل تصوير هذه الماثلات العرضية بين الاوراق والقمر (صورة 14) ، وبين الجذور والشعر ، كما هو الحال في « كزبرة البير الشعرية » : أو أيضاً مشابهة بعض الزهور مع الحشرات أو مع الفراشات .

ولكن هذه الاراء سرعان ما حوربت ، وخاصة من قبل آ. فان در سبيغل ، (A. Van der spiegel) بعيد 1606 . ورغم ذلك ظلت مقبولة لمدة طويلة . وقد صدر العديد من النشرات « تراكتاتوس دوسيفناتوروس » (Tractatus de signaturis) ، حتى القرن الثامن عشر ، بشأنها .

وعالج العديد من المؤلفات الاخرى موضوع شفاء الامراض بالاعشاب . ونشرت مجموعات وسيطة : « لير ياندكتاروم ميدنيينا » لـ م. سيلفاتيكوس (M. Sylvaticus) (1474) ، « لير دي سامبليسي مديينا » لـ م. بلاتاريوس (M. Platearius) (1497) ، « لير آغرغاتوس ان مديسينس » لـ ج. سيرابيون (J. Serapion) (1473) . ومن بين المعالجات « الحديثة » نذكر « الفحص الطبي البسيط » للايطالي برازا فولا (Brasavola) (1536) وكتاب جاك دوبوا (Jacques Dubois) (سيلفيوس) حول تحضير « الادوية البسيطة » (1542) ثم « البساط » لـ آنغيارا (1561) ، ثم كتاب ر. كونستانان (R. Constantin) حول الصيدلة البروفنسية (1597) . وفي المانيا ، وفيما كان اوروسميوس كوردوس (Euricius Cordus) يعرض افكاره حول مرادفات النباتات (بوتانولوجيكون) (1534) كان ابنه فالري كوردوس (Valerius) يضع دراسة مهمة حول نباتات المانيا وايطاليا ، ارفقها بتعليقاته حول ديوسكوريد ، ونشرها له غسنر سنة (1561) وكتاباً « الضروري في علم الصيدلة » (1546) والذي ترجم الى الفرنسية سنة 1578 في ليون تحت عنوان « مرشد الصيادلة » .

الجنتان النباتية وعلم الزراعة - شجع نشر العديد من الكتب حول التداوي بالاعشاب (Hortus Sanitatis) في تلك الحقبة على الزراعة المنهجية للاعشاب الطبية في الاديعة والمدن الجامعية . وكان الغرض من هذا ابراز النباتات امام الطلاب ثم درس خصائصها . هكذا انطلقت الجنتان النباتية الاولى التي انشئت في ايطاليا الشمالية ، وهي منطقة ذات طبيعة ملائمة بصورة خاصة . وكان من أقدم هذه الجنتان البستان الذي أسسه لوقا غيني (Luca Ghini) في بيزا سنة (1543) . وبعد ذلك بقليل ، تأسس بستان آخر في بادو من قبل بونا فيد (Buonafede) ، وكان اول مدير له اوستانسور سمبليسيوم (Ostensor simplicium) ، لوجي آنغيارا (Luigi Anguillara) . وتأسس بستان آخر في فلورنسا حوالي 1550 . ومارت هولندا على هذا الطريق : ان بستان علم

النبات في ليد يعود الى (1587). وفي المانيا انشئ بستان ليزيغ (Leipzig) سنة (1580). وفي باريس أقام ن. هويل (N.Houel) « بستان الصيدلة » سنة (1576) وأسس ر. بيلفال (R.de Belleval) البستان العلمي في مونبليه سنة (1598).

وبعد 1533 أصدر الطبيب الانساني المشهور ، في ليون ، س. شاميه (S.Champier) كتاباً هورتوس غاليكوس (Hortus gallicus) و« كامبوس اليزوس غاليا » (Campus elyseus galliae). ونشر شارل اتيان (Charles Estienne)، ابن الناشر الشهير هنري اتيان (Henri Estienne) عدة كتب عن البستنة جعلت منه طليعة من الطلائع التي سبقت اوليفيه دي سر (Olivier de Serres).

وتعاون مع صهره ليبولت (Liébault) في « الزراعة والبيت الريفي » (1564). وبعد 1540 أقام ب. بيلون (P.Belon) في توفوا ، في السارت ، « مغرساً » ذكره رابليه (Rabelais) الذي اهتم كثيراً بتدجين النباتات. ومن بين اوائل المهندسين الزراعيين الفرنسيين نذكر أيضاً دافي دي بروسار (Davy de Brossard)، وميزولد ولوندرلي (Mizauld et Londric).

ونشر الالماني يواكيم كاميرايروس (Joachim Camerarius)، سنة (1588)، فهرساً بالنباتات التي غرسها في جنيته في نورنبورغ. ومن بين رسومه الممتازة، نذكر رسومات امتينات النخل البلع ، والأغاف (Agave) الاميريكي. وتجدد الاشارة أيضاً الى المؤلف الوحيد المتعلق بتسجيل الصور والرسوم ، الذي وضعه ب. بيسلر (B.Besler)، المكلف بالاشراف على جنية سان - وايلدبالد. ويتضمن الفهرس الذي نشره ، والذي يعود الفضل فيه ، في معظمه الى ل. جنجرمان (L.Jungermann)، وصفاً لكل النباتات المغروسة ، والمرتبة بحسب انتظام تفتيحها وتزهيرها ، قام به ستة رسامين حفارين مختلفين بواسطة لوحات نحاسية رقيقة جداً وملونة تلوناً مذهشاً باليد.

نشر العالم النباتي الانكليزي وليم ترنر (William Turner)، في لندن ، وضمن ثلاثة أقسام (1568, 1562, 1551) كتابه « نيوهبال » (New herball). وفيه شدد على الصفة التفاضلية في الانواع التي رتب بحسب الترتيب الابددي لاسمائها اللاتينية. وكان الانكليز يهتمون دائماً وكثيراً بفن التفصيل.. ووصف جون باركينسون (John Parkinson)، في سنة (1629)، في كتابه « جنائن العمق وجنائن الارض » (باراديزي ان صول باراديزوس ترستري) (Paradisi in sole, Paradisus terrestris) اكثر من 7000 غرسة ، تستطيع العيش في مناخ الجزر البريطانية. ويتم التصنيف ، المختلف والمتنافر ، مرة على أساس الخصائص الطبية للاغراس ، ومرة على اساس موطنها. ويمتاز هذا الكتاب بانه يشير ويرسم اهم انواع الاغراس المستغلة والمزروعة يومئذ ؛ نشر اخيراً الى ان جون جيرار (John Gerard) انشأ ، في هولبورن ، قرن لندن ، سنة (1595-1596) جنية نباتية شخصية نشر عنها بياناً مفهراً بعد (1596 - 1599).

اوائل النباتيين المسافرين - أدى اكتشاف اميركا من قبل كريستوف كولومب ، سنة (1492) ، واكتشاف رأس الرجاء الصالح ، وطريق الهند الشرقية البحرية من قبل فاسكو دي غاما سنة

(1497)، إلى افتتاح عهد المسافرين النباتيين. ننظر الآن إلى أعمال هؤلاء الحجاج النباتيين الذين لم يترددوا رغم المصاعب والاختار، ورغم بطء الاسفار في تلك الحقبة، مدفوعين بحب المغامرة وبالرغبة في الاكتشاف، في اجتياز البحار، وقطع الجبال، والغوص في الغابات البكر، لكي يعرفونا بنباتات مجهولة تماماً حتى ذلك الحين.

في المقام الأول بينهم يقف بيار بيلون (Pierre Belon) (1517-1564) وأصله من السارت، وهو تلميذ ف. كوردوس في ونبيرغ (V. Cordus). وكان تحت حماية الكردينال دي تورنون (Tournon)، وذهب إلى الشرق وزار، من سنة 1546 إلى 1549 اليونان وتركيا، وآسيا الصغرى، وجزر البحر المتوسط ومصر وفلسطين. ونشر سنة (1553)، حكاية عدة غرائب لاحظها في هذه البلاد. وقد أعيد طبع كتابه سنة 1588، مع صور جيدة محفورة على خشب، وترجم إلى اللاتينية من قبل شارل لاكلوز (Ch. d'Ecluse). وفيه يجري لأول مرة وصف نباتات من الشرق (كما يدل على ذلك اسمها الخاص: بلاتانوس أورينتاليس (Platanus orientalis، كوكاليس أورينتاليس (Caucalis orientalis، الخ). ولكن ب. بيلون (P. Belon) اهتم بالاستعمال العملي لهذه النباتات، أكثر من اهتمامه بوصفها العلمي السليم.

وقدم أندريه تيفت (André Thévet) في كتابه «كوسموغرافيا الشرق» (Cosmographie du Levant)، في سنة (1554)، قصة رحلة إلى فلسطين وإلى آسيا الصغرى. وحملته رحلة إلى أميركا الجنوبية إلى نشر «غرائب فرنسا القطب الجنوبي» (1558). وكان فكرياً منفتحاً، انما قليل الانتظام، فجمع بدون روح نقدية كبيرة كل ما عثر عليه: أسلحة، خزفيات، نباتات، حيوانات أو معادن.

وتقاسم مع جان نيكوت (Jean Nicot) (1530? - 1600) الذي كان سفيراً في لشبونة (حيث كان التبغ منتشراً جداً) ومع الإيطالي ج. بانزون (G. Banzoni) الذي كان يقيم في أميركا سنة 1541 إلى 1560 فضل التعريف بالبتون (Petun) أو التبغ، وهي نبتة جديدة سميت لهذا السبب «نيكوتيان».

وذهب الألماني ل. راوولف (L. Rauwolf) سنة 1573، إلى الشرق وزار بلدان الشرق، مرسلًا للبحث عن الادوية والعقاقير. وظهرت أول طبعة عن تقريره حول رحلته سنة 1583. وقد استعمل كتابه «النباتي» سنة 1755، من قبل غرونوفوس، عندما نشر كتابه «فلورا أورينتاليس» (Flora orientalis)، حيث ورد ذكر لاستعمال البن وعُرف الإيطالي - برومبيرو البينو (Prospero Alpino) - وكان رجلاً عسكرياً وطبيباً ثم استاذاً في بادو، سنة 1592، بحوالي خمسين نبتة جديدة من مصر مثل الليسيوم (Lycium)، واكاسيا السنغال، وشجرة البن⁽¹⁾ الخ. ووصف أيضاً نباتات متنوعة من جزيرة كريت، في كتاب له نشر بعد وفاته، من قبل ابنه سنة (1627). وزار

(1) لقد ذكر راوولف (1581) البن. اما أول وصف اقتصر على الاثبات فقد قدمه ش. دي لاكلوز (1574) سنداً مرجع في إيطاليا.

م. غيلاندينو (M. Guilandino) (= ويلند) (Wieland) سوريا ومصر. ونحن مدينون له ببحوث حول اوراق البردى - بايبروس بلين - (Papyrus de Plin) وحول مرادفات الكلمات بين القدماء والمحدثين.

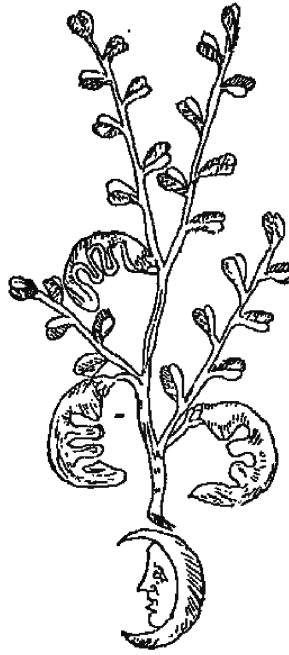
وقبل اكتشاف اميركا بأربعين سنة زار البحار البندقي كادا موسو (Ca da Mosto) جزر الكناري وماديرا والشواطىء الغربية من افريقيا، حيث اكتشف، بعد 1455، شجرة البواباب (Baobab) (التي سوف يعود الى اكتشافها من جديد أدنسون) (Adanson) وكذلك «دراكنا دراكو» (Dracaena Draco). ونشر هرنانديز دي اوفيدو ابي فالديز (Hernandez de Oviedo y Valdès)، القيم على العالم الجديد من سنة 1525 الى 1535 «تاريخ الإندياس العام والطبيعي» (Historiageneralynatural delas Indias) وفيه ذكر شجرة الجوافة والأفوكاتو. ونشر العالم لوبز دي غومارا، (Lopez de Gomara)، المبشر الكناري الاصل، في سنة 1552، «تاريخاً جديداً» وفيه يوجد، لأول مرة، ذكر لشجرة الكاكاو ولمختلف النباتات المهمة في المكسيك. ورافق الفرنسي جان دي لري (Jean de Léry) (1534 - 1611) الشفاليه دي فيلغتون (Chevalier Ville-gaignon) في رحلته الى البرازيل ورسم تاريخها سنة (1598) في كتاب نجد فيه بعض المعلومات عن الاشجار والاعشاب والجذور والاثمار الشهية». وذهب مارتن دل باركو (Martín del Barco) الى باراغوي سنة 1573 وفيها لاحظ «الحساس» (المستحية) زهرة الألام. ونشر ن. موناردس (N. Monardes) في اشبيلية، من 1565 الى 1574 دراسة مهمة حول النباتات في «الهند الغربية». وقدم شارل دي لاكلوز (Ch. de L'Ecluse) عنها، في سنة (1574) نسخة لاتينية ترجمها آكلون (A. Colin) الى الفرنسية سنة (1602)⁽¹⁾.

وتضمنت قصة رحلة الهولندي لشوتن (Linschootten) الى الهند الشرقية والى الافيانوس الهندي، والمنشورة في لاهاي سنة 1599 وصف شجرة المانغا و«عشبة زينب» او المسك الرومي. ونشر البرتغالي غارسيا دي اورتا - (Garcia da Orta) وقد كلف، سنة 1534، كطبيب أول لمرافقه كونت دي رودونلو (Redondo)، نائب الملك في الهند - في غورا كولوكيوس دوس سامبل ي دروغاس. «Coloquios dos simples, e drogas) (1563) والذي ترجم الى اللاتينية والفرنسية. ونشر كريستوفال آكوستا (Christoval Acosta) وهو يسوعي برتغالي اقام طويلاً في «الهند الشرقية» كتاباً اسمه ايضاً «الادوية = Drogas» سنة 1578 معتمداً كثيراً على غارسيا دا اورتا (Garcia da Orta).

اما الكتب التي صدرت في اواخر القرن 16 مثل «هورتوس ماديكوس» (Hortus medicus) ل.ج. كاميراريوس (J. Camerarius) (1588) وبصورة خاصة «فيتوبازانوس» (Phytobasanos) ل. فايوكولونا (Fabio Colonna) (1592) فتدل من حيث نوعيتها على انغماسها

(1) راجع ايضاً في القسم الرابع، الفصل عن «العلم في اميركا المستعمرة».

في الوصف وفي التصوير ، وهذا ساعد على التقدم في معرفة النباتات بالنسبة الى القرن الماضي . وهذا ما لم ينفك تورنفور (Tournefort) ، بعد قرن من الزمن من المطالبة به مثل معلميه : غسنر وسيزالبينو وكولونا (Gesner, Cesalpino, Colonna) ⁽¹⁾ .



صورة 14 - تشابه شكل أوراق نبتة « البوتريكوم لوناريا » مع شكل الهلال (عن ج . ب دلا بورتا) مينتوغنو مومينكا .

(1) نحن نشكر م . ج . ج هيمار دنكر الذي اعاد قراءة مسودتنا واقترح علينا ادخال بعض التحسينات بخصوص النباتين الرحالة .

مراجع القسم الأول

التاريخ العام

Histoire générale : On trouvera un exposé d'ensemble des événements au cours de cette période dans *Les débuts de l'âge moderne* (H. HAUSER et A. RENAUDET, 3^e éd., Paris, 1946), *La prépondérance espagnole (1559-1660)* (H. HAUSER, 3^e éd., Paris, 1948) et dans les volumes 3 et 4 de l'*Histoire générale des Civilisations : Le Moyen Age* (E. PERROY, 5^e éd., Paris, 1967), *Les XVI^e et XVII^e siècles* (R. MOUSNIER, 5^e éd., Paris, 1967). Des bibliographies détaillées sont données par la collection « Clion » : t. V, *L'élaboration du monde moderne* (J. CALMETTE, 3^e éd., Paris, 1949), et t. VI, *Le XVI^e siècle* (H. SÉE, A. REBILLON et E. PRÉCLIN, Paris, 1950). Voir également L. FEBVRE, *Le problème de l'incroyance au XVI^e siècle : la religion de Rabelais*, Paris, 1947 ; E. GARIN, *Il Rinascimento. Significato e limiti*, Florence, 1953 ; J. W. THOMSON et divers, *The civilization of the Renaissance*, University of Chicago Press, 1929 ; L. FEBVRE et H.-J. MARMIN, *L'apparition du livre*, Paris, 1958,

مرجعية إجمالية

Bibliographie d'ensemble : G. SARTON, *Horus, a guide to the history of science and civilization* (Waltham, Mass., 1952) ; F. RUSSO, *Histoire des sciences et des techniques. Bibliographie*, 2^e éd., Paris, 1969 ; W. P. D. WIGHTMAN, *Science and the Renaissance. An annotated bibliography...*, 2 vol., Edimbourg-Londres, 1962 ; J. C. POGGENDORFF, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch*, 2 vol., Leipzig, 1863 ; les bibliographies périodiques publiées par le *Bulletin signalétique du C.N.R.S.* et la revue *Isis* ; enfin les comptes rendus d'ouvrages publiés par les principales revues d'histoire des sciences.

دراسات تخصص بمجمل العلوم

Études touchant à l'ensemble des sciences : M. CLAGETT, ed., *Critical Problems in the History of Science*, Madison, 1959 ; A. C. CROMBIE, *Histoire des sciences de saint Augustin à Galilée*, 2 vol., Paris, 1959 ; ID., ed., *Scientific change*, London, 1963 ; A. C. KLEBS, *Incunabula scientifica et medica (Osiris, t. 4, 1938, pp. 1-359)* ; L. THORNDIKE, *Science and thought in the fifteenth century*, New York, 1929 ; ID., *History of magic and experimental sciences*, vol. 4-6, New York, 1934-1941 ; A. MIELI, R. PAPP et J. BABINI, *Panorama general de historia de la ciencia*, vol. 3-6, Buenos Aires, 1950-1952 ; A. WOLF, *A history of science, technology and philosophy in the XVIth and XVIIth centuries*, 2^e éd., Londres, 1950 ; A. R. HALL, *The scientific revolution, 1500-1800*, Londres, 1954 ; G. SARTON, *The appreciation of ancient and medieval science during the Renaissance*, Univ. of Pennsylvania Press, 1955 ; ID., *Six Wings, men of science in the Renaissance*, Indiana Univ. Press, 1957 ; Divers, *La science au XVI^e siècle*, Paris, 1960 ; M. BOAS, *The Scientific Renaissance, 1450-1630*, Londres, 1962 ; R. M. PALTER, ed., *Toward Modern Science : II. Studies in Renaissance Science*, New York, 1961 ; M. DAUMAS, éd., *Histoire de la science*, Paris, 1957 ; A. KOYRÉ, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, 1966 ; St. d'IRSAÏ, *Histoire des Universités*, Paris, 1935 ; R. W. T. GUNTHER, *Early science in Oxford*, 14 vol., Oxford, 1920-1945 ; A. LEFRANC, *Histoire du Collège de France*, Paris, 1893 ; *Le Collège de France (1530-1930)*, Paris, 1932 ; F. A. YATES, *The French academies of the XVIth century*, Londres, 1947 ; P. A. CAP, *La science et les savants au XVI^e siècle*, Tours, 1867 ; A. M. SCHMIDT, *La poésie scientifique en France au XVI^e siècle*, Paris, 1938 ; Divers, *Le Soleil à la Renaissance : sciences et mythes*, Paris, 1964 ; P.-H. MICHEL, *La cosmologie de Giordano Bruno*, Paris, 1962 ; B. GILLE, *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, 1964 ; M. DAUMAS, éd., *Histoire générale des techniques*, t. II : *Les premières étapes du machinisme*, Paris, 1965.

الرياضيات

Mathématiques : Les anciens ouvrages de A. G. KÄSTNER, *Geschichte der Mathematik*, 4 vol., Göttingen, 1796-1800, de J.-F. MONTUCLA, *Histoire des mathématiques*, 2^e éd., 4 vol., Paris, 1799-1802, et de M. CHASLES, *Aperçu historique sur le développement des méthodes en géométrie*, 2^e éd., Paris, 1875, sont encore très utiles. Parmi les ouvrages plus récents : M. CANTOR, *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik*, vol. 2, 3^e éd., Leipzig, 1907, est toujours indispensable. Voir également : P. BOUTROUX, *Principes de l'analyse mathématique*, 2 vol., Paris, 1914-1919 ; D. E. SMITH, *History of mathematics*, 2 vol., Boston, 1927-1930 ; G. LORIA, *Storia delle matematiche*, 2^e éd., Milan, 1950 ; O. BECKER et J. E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, Bonn, 1951 (trad. fr., Paris, 1956) ; J. E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, erster Teil, 2. Auflage, Berlin, 1963 ; N. BOURBAKI, *Éléments d'histoire des mathématiques*, 2^e éd., Paris, 1969 ; P. DEDRON et J. ITARD, *Mathématiques et mathématiciens*, Paris, 1959 ; H. G. ZEUTHEN, *Geschichte der Mathematik im XVI. und XVII. Jahrhundert*, Leipzig, 1903 ; J. TROPFKE, *Geschichte der Elementarmathematik*, vol. 1-4, 3^e éd., Berlin, 1930-1939 ; vol. 5-7, 2^e éd., Berlin, 1921-1924 ; A. von BRAUNMÜLL, *Vorlesungen über die Geschichte der Trigonometrie*, Leipzig, 1900-1903 ; F. CAJORI, *History of mathematical notations*, 2 vol., Chicago, 1928 ; J. L. COOLIDGE, *The mathematics of great amateurs*, Oxford, 1944 ; F. BORTOLOTTI, *Studi sulla storia delle matematiche in Italia*, 2 vol., Bologne, 1928-1944 ; D. E. SMITH, *Rara arithmetica*, Boston, 1908-1939 ; H. MORLEY, *The life of Girolamo Cardano*, 2 vol., London, 1854 ; O. ONE, *Cardano the gambling Scholar...*, Princeton, 1953 ; E. PANOFKY, *Albrecht Dürer*, 2^e éd., Princeton, 1945 ; S. STEVIN, *The principal works*, 5 vol. en 6 tomes, Amsterdam, 1955-1966.

علم الفلك

Astronomie : J.-B. DELAMBRE, *Histoire de l'astronomie au Moyen Age*, Paris, 1819 ; Id., *Histoire de l'astronomie moderne*, 2 vol., Paris, 1821 ; J. BERTRAND, *Les fondateurs de l'astronomie moderne*, 5^e éd., Paris, 1874 ; J. L. DREYER, *Tycho Brahe*, Edimbourg, 1890 ; Id., *History of astronomy from Thales to Kepler*, 2^e éd., New York, 1954 ; Id., ed., *Tychonis Brahe Opera Omnia*, 15 vol., Copenhagen, 1913-1929 ; F. R. JOHNSON, *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore, 1937 ; E. ZINNER, *Entstehung und Ausbreitung der Copernicanischen Lehre*, Erlangen, 1943 ; A. KOYRÉ, *Copernic. Des révolutions des orbes célestes* (trad. franç. et commentaire du livre 1 du *De Revolutionibus*), Paris, 1934 ; Id., *From the closed world to the infinite Universe*, Baltimore, 1957 (tr. *Du monde clos à l'univers infini*, Paris, 1962) ; E. ROSEN, *Three Copernican Treatises*, 2^e éd., New York, 1959 ; A. PANNEKOEK, *A History of Astronomy*, Londres, 1961 ; K. H. BURWEISTER, *Georg Joachim Rheticus*, 2 vol., Wiesbaden, 1967-1968.

فيزياء وميكانيك

Physique et mécanique : Les anciens ouvrages de J. C. POGGENDORFF, *Geschichte der Physik*, Leipzig, 1879 (trad. fr., Paris, 1883), de F. ROSENBERGER, *Geschichte der Physik*, 3 vol., Braunschweig, 1882-1890, de K. LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik*, 2 vol., Leipzig, 1890, et de E. GERLAND et F. TRAUMÜLLER, *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst*, Leipzig, 1899, sont encore à consulter. Parmi les plus récents : E. MACI, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 7^e éd., Leipzig, 1912 (trad. fr., Paris, 1904) ; P. DUHEM, *Les origines de la statique*, 2 vol., Paris, 1907 ; Id., *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, Montligeon, 1907 ; Id., *Études sur Léonard de Vinci*, 3 vol., Paris, 1906-1913 ; Id., *Le système du monde*, t. X, Paris, 1959 ; E. JOUGUET, *Lectures de mécanique*, 2 vol., Paris, 1924 ; L. OLSCHKEI, *Geschichte der neusprachlichen wissenschaftlichen Literatur*, 3 vol., Halle, 1919-1927 ; R. DUGAS, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel, 1950 ; E. J. DIJKSTERHUIS, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin, 1956 ; Simon Stevin, *la Haye*, 1943. Sur Léonard de Vinci : l'ancien ouvrage de G. SÉAILLES, *Léonard de Vinci, l'artiste et le savant*, Paris, 1892, et, parmi les études plus récentes : R. MARCOLONGO, *Memorie sulla geometria e la meccanica*, Naples, 1937 ; G. UCCELLI, *Scritti di Leonardo da Vinci*, 1940 ; *Léonard de Vinci et l'expérience scientifique au XVI^e siècle*, Paris, 1951.

Chimie et alchimie : M. BERTHELOT, *La chimie au Moyen Age*, 3 vol., Paris, 1893 ; J. FERGUSON, *Bibliotheca chimica*, 2 vol., Glasgow, 1906 ; D. I. DUVERN, *Bibliotheca alchemica et chimica*,

Londres, 1949 ; H. M. LEICESTER et H. S. KLINKSTEIN, *A Source book in history of chemistry*, New York, 1952 ; M. DELACRE, *Histoire de la chimie*, Paris, 1920 ; W. OSTWALD, *L'évolution d'une science : la chimie*, trad. fr., Paris, 1919 ; E. O. von LIPPMANN, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie*, 3 vol., Berlin, 1919-1931-1954 ; E. J. HOLMYARD, *Makers of chemistry*, Oxford, 1931 ; Id., *Alchemy*, Londres, 1957 ; F. S. TAYLOR, *The Alchemists*, New York, 1949 ; R. J. FORBES, *A short history of the art of distillation*, Leyde, 1948 ; H. E. FIERZ-DAVID, *Die Entwicklungsgeschichte der Chemie*, 2^e éd., Bâle, 1953 ; H. M. PACHTER, *Paracelsus. Magic into Science*, New York, 1951 ; W. PAGEL, *Paracelsus*, Bâle et New York, 1958 ; M. P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, Londres, 1962 ; J. M. STILLMAN, *The story of early chemistry*, New York, 1964.

علوم الأرض

Sciences de la Terre : K. F. MATHER et S. L. MASON, *A Source book in geology*, New York, 1939 ; K. A. von ZITTEL, *Geschichte der Geologie und Paläontologie*, Munich, 1899 ; A. GEYKIE, *The founders of geology*, 2^e éd., Lyon, 1905 ; S. MEUSNIER, *L'évolution des théories géologiques*, Paris, 1911 ; G. von GROTH, *Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften*, Berlin, 1926 ; E. de MARGERIE, *Critique et géologie. Contribution à l'étude des sciences de la Terre*, 4 vol., Paris, 1943-1948 ; F. D. ADAMS, *The birth and development of the geological sciences*, 2^e éd., New York, 1954 ; E. DUPUY, *Bernard Palissy*, 2^e éd., Paris, 1902. Voir également les traductions anglaises du *Bergbüchlein* de KALB (A. G. SISCO et C. S. SMITH, New York, 1949), du *De re metallica* d'AGRICOLA (H. C. HOOVER, Londres, 1912) et du « Traité » de L. ERCKER (A. G. SISCO et C. S. SMITH, Chicago, 1951).

علوم إحيائية بوجه عام

Sciences biologiques en général : E. RÄDL, *Geschichte der biologischen Theorien*, Leipzig, 1905-1909 ; M. CAULLERY, *Histoire des sciences biologiques*, in G. HANOTAUX, *Histoire de la nation française*, Paris, 1924 ; W. A. LOGY, *The growth of biology*, Londres, 1925 ; E. NORDENSKIÖLD, *The history of biology*, New York, 1928 ; C. E. RAVEN, *English naturalists from Neckam to Ray*, Cambridge (G.-B.), 1947 ; E. CALLOT, *La renaissance des sciences de la vie au XVI^e siècle*, Paris, 1950 ; C. SINGER, *History of biology*, 3^e éd., Londres-New York, 1959 (trad. franç. par F. GIDON, Paris, 1934) ; J. ROSTAND, *Esquisse d'une histoire de la biologie*, Paris, 1962 ; E. MENDELSONN, *Heat and life*, Cambridge, 1964 ; G. CANGUILHEM, *La connaissance de la vie*, 2^e éd., Paris, 1965.

تشرح وفيزيولوجيا

Anatomie et physiologie : L. CHOUANT, *Geschichte und Bibliographie der anatomischen Abbildung*, Leipzig, 1852 ; M. ROTH, *Andreas Vesalius Bruxellensis*, Berlin, 1892 ; M. del GAIZO, *Sulla pratica dell' anatomia in Italia sino al 1600*, Naples, 1892 ; M. FOSTER, *Lectures on the history of physiology during the 16th, 17th and 18th centuries*, Cambridge, 1901 ; H. E. SIGERIST, *Die Geburt der abendländischen Medizin*, in *Essays... presented to Karl Sudhoff*, Londres, 1924 ; C. H. SHERRINGTON, *The endeavour of Jean Fernel*, Londres, 1946 ; E. HINTZSCHE, *La renaissance de l'anatomie*, revue Ciba, 1947, n° 59 ; C. D. O'MALLEY, *Michael Servetus...*, Philadelphie, 1953 ; K. E. ROTHSCHUH, *Geschichte der Physiologie*, Berlin, 1953 ; C. SINGER, *Short history of anatomy and physiology from Greeks to Harvey*, New York, 1957 ; L. PREMUDA, *Storia dell' iconografia anatomica*, Milan, 1957 ; L. R. LIND, *A short introduction to anatomy of Jacopo Berengario da Carpi*, Chicago, 1959 ; R. ERIKSSON, *Andreas Vesalius' first public anatomy at Bologna*, Uppsala, 1959 ; P. HUARD, *Les dessins anatomiques de Léonard de Vinci*, Paris, 1961 ; W. PAGEL, *Paracelse : introduction à la médecine philosophique de la Renaissance*, Paris, 1963 ; C. D. O'MALLEY, *Andreas Vesalius of Brussels*, Berkeley and Los Angeles, 1964 ; P. HUARD et M. D. GRMEK, *L'œuvre de Charles Estienne et l'école anatomique parisienne*, Paris, 1965 ; R. HERRLINGER et F. KUDLIEN, *Frühe Anatomie ; von Mondina bis Malpighi*, Stuttgart, 1967.

طب

Médecine : K. SPRENGEL, *Versuch einer pragmatischen Geschichte der Arzneikunde*, Halle, 1792-1803, 5 vol. (trad. franç. par A.-J.-L. JOURDAN, Paris, 1815-1820) ; J.-F. MALGAIGNE, *Œuvres complètes d'Ambroise Paré*, Paris, 1840-1841 ; C.-V. DAREMBERG, *Histoire des sciences médicales*, Paris, 1870 ; E. WICKERSHEIMER, *La médecine et les médecins en France à l'époque*

de la Renaissance, Paris, 1905 ; R. MASSALONGO, *Girolamo Fracastoro e la rinascenza della medicina in Italia*, Venise, 1915 ; K. SUDHOFF, *Kurzes Handbuch der Geschichte der Medizin*, Berlin, 1922 ; W. OSLER, *Incunabula medica*, Oxford, 1923 ; F. R. PACKARD, *The life and times of Ambroise Paré*, 2^e éd., New York, 1926 ; P. DELAUNAY, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1926 ; F. H. GARRISON, *Introduction to the history of medicine*, 4^e éd., Philadelphie-Londres, 1929 ; A. CASTIGLIONI, *The Renaissance of medicine in Italy*, Baltimore, 1934 ; P. DELAUNAY, *La vie médicale aux XVI^e, XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1935 ; G. ZILBERG, *The medical man and the witch during the Renaissance*, Baltimore, 1935 ; K. SUDHOFF, *Paracelsus*, Leipzig, 1936 ; M. LAIGNEL-LAVASTINE, *Histoire générale de la médecine*, etc., Paris, 1936-1949, 3 vol. ; A. CASTIGLIONI, *Storia della medicina*, 3^e éd., Milan, 1948 (trad. franç. par BERTRAND et GIDON, Paris, 1931) ; P. DIECKEN, *Geschichte der Medizin*, I, Berlin, 1959 ; M. T. GNUDI et J. P. WEBSTER, *The life and times of Gaspare Tagliacozzi*, New York, 1950 ; G. SINGER et A. E. UNDERWOOD, *A short history of medicine*, Oxford, 1962 ; L. S. KING, *The growth of medical thought*, Chicago, 1963 ; M. BARIÉTY et C. COURY, *Histoire de la médecine*, Paris, 1963 ; F. H. GARRISON et L. T. MORTON, *Medical bibliography*, second edition revised, Londres, 1965.

علم الحيوان

Zoologie : J. V. CARUS, *Geschichte der Zoologie*, Munich, 1872 (trad. fr., Paris, 1880) ; G. LOISEL, *Histoire des ménageries*, 3 vol., Paris, 1912 ; J. H. GURNEY, *Early annals of ornithology*, Londres, 1921 ; M. BOURNIER, *L'évolution de l'ornithologie*, Paris, 1925 ; P. DELAUNAY, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1925 ; Id., *Pierre Belon naturaliste*, Le Mans, 1926 ; J. ANKEN, *Bird books and bird art*, Copenhague, 1938 ; T. S. HALL, *A source book in animal biology*, New York, 1951 ; F. S. BODENHEIMER, Léonard de Vinci et les insectes (*Rev. Synthèse*, 77, 1956, 147-152) ; P. DELAUNAY, *La zoologie au XVI^e siècle*, Paris, 1962 ; G. PETIT et J. THÉODORIDÈS, *Histoire de la zoologie des origines à Linné*, Paris, 1962 ; M. D. GRMEK et D. GUINOT, Les crabes chez Ulysse Aldrovandi : un aperçu critique de la carcinologie du XVI^e siècle (*Colloque int. Hist. biol. Marine* (Banyuls, 1963), 45-64, Paris, 1965) ; G. PETIT, Conrad Gesner zoologiste (*Gesnerus*, 22, 1965, 195-204) ; J. THÉODORIDÈS, Conrad Gesner et la zoologie : les Invertébrés (*Gesnerus*, 23, 1966, 230-237) ; C. NISSEN, *Die zoologische Buchillustration...*, Stuttgart, 1966 ; H. FISCHER, *Conrad Gesner*, Zürich, 1966.

علم النبات

Botanique : E. MEYER, *Geschichte der Botanik*, 4 vol., Königsberg, 1854-1857 ; K. F. W. JESSEN, *Botanik der Gegenwart und Vorzeit in kulturhistorischer Entwicklung*, Leipzig, 1864 (éd. fac.-sim., 1948) ; F. J. G. SACHS, *Histoire de la botanique*, Paris, 1892 ; L. LECRÈ, *La botanique en Provence au XVI^e siècle*, 5 vol., Paris, 1899-1904 ; E. L. GREEN, *Landmarks of botanical history*, Washington, 1909 ; F. W. T. HUNGER, *Charles de L'Écluse*, La Haye, 1927 ; C. S. GAGER, *Botanical gardens in the world*, New York, 1937 ; M. MÖBIUS, *Geschichte der Botanik*, Iéna, 1937 ; T. A. SPRAGUE et M. S. SPRAGUE, *The herbal of Valerius Cordus* (*J. Linnean Soc. London, Bot.* 52, 1-113, 1939) ; H. S. REED, *Short History of the plant science*, Waltham, Mass., 1942 ; W. REUNT, *The art of botanic illustration*, Londres, 1951 ; C. NISSEN, *Die botanische Buchillustration*, 2 vol., Stuttgart, 1951 ; A. ARBER, *Herbals*, 2^e éd., Cambridge, 1953 ; A. DAVY DE VIRVILLE et divers, *Histoire de la botanique en France*, Paris, 1954 ; L. EMBERGER et H. HARANT, *La botanique à Montpellier*, 1959.

القسم الثاني : القرن السابع عشر

بعد الحقبة المضطربة التي سادت عصر النهضة ، حيث دخل الغرب باتصال وثيق مع العلم القديم ، مع اظهارة ، في مختلف المجالات رغبة اكيدة في الابداع ، شاهد القرن السابع عشر ولادة علم جديد في اوربوا الغربية ، علمٌ تطور في القرون اللاحقة ثم انتشر قليلا قليلاً في مجمل العالم .
هذه الثورة التي سوف نحلل مظاهرها المختلفة وظروفها وخصائصها في فصل تمهيدي ، سوف يكون لها نتائج لا تحصى .

وكانت الرياضيات مجالاً في أوج غليانه فشاهدت ولادة او تجديد الجبر ، ونظرية الاعداد وحساب الاحتمالات والجيومتريا الاسقاطية والحساب التفاضلي المنتهي الصغر . وكانت أوجه التقدم المحققة مهمة الى درجة ان حقل عمل ووظائف الرياضيات قد تغيرت بصورة كلية . هذا السلاح ، وقد اصبح اكثر قوة واكثر فعالية ، طبق بصورة تدريجية على مختلف فروع العلوم الفيزيائية : مثل الديناميكا التي شكلت في البداية ، بين غاليليه ونيوتن علماً مستقلاً ، اما الميكانيك السماوي الذي وضع كبلر (Kepler) ونيوتن مبادئه ، ضمن اطار نظام كوبرنيك (Copernic) فقد اعتمد بصورة نهائية ؛ اما الاوبتيكا أو علم البصريات فقد تحول بصورة تدريجية الى علم رياضي . وحدثت تقدمات موازية في المجال التجريبي وذلك بفضل اختراع المنظار والميكروسكوب ، وبفضل اكتشاف قوانين الاوبتيكا جيومتريكا ، وبفضل الدراسة الاكثر دقة للمظاهر المغناطيسية والكهربائية . في حين فتح البحث العملي ، في مجال الكيمياء ، الطريق ، بصورة تدريجية أمام التجديد الحاصل في القرن اللاحق .

وفي مجال علوم الحياة كُيِّفَت التقدّمات ، غير الكافية يومئذ ، والحاصلة في مجال وصف وتصنيف الكائنات الحية ، كُشِفَ بفضل اكتشاف الدورة الدموية الكبرى ، وانتشار نظرية الانسان الآلة ، وولادة وتطور التشريح الميكروسكوبي بصورة سريعة ، وبفضل دراسة مسألة التوالد وبيدايات الفيزيولوجيا النباتية .

انعكست هذه المكتسبات المتنوعة في مجال الطب الذي تُفردن بصورة تدريجية واتسم بصفة اكثر

علمية ، مع افساح المجال الواسع أمام المناقشات النظرية . واخيراً تشكلت علوم الارض ، بشكل علم مستقل هو علم الجيولوجيا ، الذي قطع علاقته بالمعتقدات الوسيطة ، وانكبّ على دراسة تكوين وتاريخ الارض .

اقرن هذا التقدم الواسع الذي سوف نحله في الفصول المتتالية من هذه الدراسة ، بتطور عميق في العقلية وفي مناهج العلم . لقد وضع علماء القرن السابع عشر : من جيلبرت (Gilbert) وكبلر (Kepler) وغاليلية (Galilée) وهويجنس (Huygens) ومالبرنش (Malebranche) وليبنز Leibniz ونيوتن مروراً إلى باكون Bacon وهارفي Harvey وديكارت Descartes ، هؤلاء وضعوا مبادئ العلم الحديث . هؤلاء الرجال العباقرة ، وهم يناضلون نضالاً صعباً ضد المعتقدات الجامدة وضد الروتين ، يحركهم ايمان قوي بقيمة جهودهم ، عرفوا كيف يستنبطون المبادئ الكبرى التي كانت ، في أغلب الاحيان ، في أساس تصوراتنا ومفاهيمنا الحاضرة . لا شك ان ابداعاتهم الجريئة ، لم تكن لتصل ، مرة واحدة ، إلى الكمال ، بل أخطأهم ، وأفراطهم قد صحح فيما بعد ، وأحياناً بصعوبة ، من قبل خلفائهم . ولكن هؤلاء العلماء ، كان لهم ، على الاقل ، الفضل العظيم بخلق المناهج الاصلية والخفصة ، في تجديد مجالات واسعة من العلم ، واعطاء البحث العلمي قفزة حاسمة .

وميكانيك غاليلي، ونظام الدورة الدموية عند هارفي (Harvey)، وجيومترية ديكارت، وجيولوجيا ستينون وأوبتيكا نيوتون وفلكه، وعالم الحيوانات الصغيرة عند لويينهوك (Leeuwenhoek). كثير من الاحلام ومن الاباطيل امتزجت داخل الحقائق، أو ليس هذا هو شرط البحث في كل عصر وفي أي عصر؟ ولكن ان نحن تساءلنا كيف حصلت هذه النتائج، وان نحن فهمنا أنه كان من الواجب تغيير الفكرة المتكونة لدينا عن البحث وعن العلم منذ ارسطو، اذاً لما امكنا الا الاعجاب بدون تحفظ.

معجزة السنوات 1620 - تكلمنا عن المعجزة اليونانية. وبالنسبة الى العلم، كانت هناك ايضاً معجزة السنوات 1620. فبدلاً من فيزياء النوعيات، جاءت فيزياء الكمية: وبدلاً من الكون المنتظم المرتب، جاء دور الكون «غير المحدد»، المكون من ظاهرات متعادلة، وكثيراً ما كانت بدون غاية؛ وبدلاً من عالم محسوس بالادراك المباشر - والممدد بفضل الميكروسكوب الى أبعد من عالم الادراك والرؤية - جاء عالم الفكر الرياضي.

ولا شيء من كل هذا، قد زال حتى الان. ولكن كل هذا كان يومئذ جديداً، وكان من الواجب من أجل اكتشافه، وقوع ثروة حقيقية.

وعظمة القرن السابع عشر، التي لا مثيل لها، لا تكمن في أنه رأى الى حد ما أشياء أكثر من سابقه، بل أن عظمته تكمن في أنه رأى العالم بعيون جديدة، وبواسطة مبادئ ما تزال معتمدة. من هنا يمكن ويجب أن ينبعث بأنه رائد العلم الحديث.

I - الحياة العلمية

لقد نشأ العلم الجديد على هامش العلم الرسمي، وضده في كثير من الاحيان. واذاً فهو علم من صنع بعض المتفردين المعتزلين.

وسابقوا هؤلاء كانوا يلتزمون بالسرية الحذرة. وكان موضوع السرية محترماً بشكل غريب طيلة القرن.

فضلاً عن ذلك، وفي بداية القرن السابع عشر، لم يكن هناك جمهور مؤهل لهذا النوع من الدراسات. وقد اشتكى باكون (Bacon)، من أن كل شيء كان في خدمة رجال الادب. والميتافيزياء، أما التجريبيون فلا شيء لهم! وبعد مئة سنة كثرت كتب تيسير العلم.

ومع ذلك يجب أن نحذر، في هذا التاريخ، من الوقوع في المثالية أو الغزلية! فالعالم، كما يذكر ج. بلسيئر (J. Pelseneer)، العالم بحق، والمخترع، ظل تقريباً دائماً، مثل الفنان، انساناً معزولاً؛ وقد احتفظ روبرفال (Roberval) بقسم كبير من اكتشافاته حرصاً عليها. وفي النزاع حول التجربة البارومترية، بدأ روبرفال (Roberval) نفسه، وبسكال (Pascal) ايضاً، جائرين تجاه الاب

ماغني (P.Magni) الذي بدا من جهته قليل المبالاة بشكل استثنائي . وقام نزاع مماثل ايضاً حول اكتشاف الحساب اللامتناهي الصغر . وقد كتب ديكارت (Descartes)، الذي يذكر عنه أقوال جميلة حول التجارب التي يجب أن تتم بصورة مشتركة ، وحول واجباتنا كي نعد لاحفادنا علماء أفضل ، رغم ذلك كتب ، في خطاب المنهج (القسم 6) معالجة حقة لعالم معزول : ان التجارب التي يقدمها لك الآخرون باعتبارها سرية ، ليست كذلك ، ويصعب استعمالها ، لأنها مرتبطة دائماً بنظام صاحبها أو مؤلفها ؛ هذه التواصلات تبدو غالباً تافهة ، ومضیعة للوقت فلا تستحق الاعتناء بها .

وكان ديكارت (Descartes) في عزله في هولندا يغير منزله كثيراً حتى يامن عدم الاهتداء اليه .

وكان لا يؤمن الا بنفسه ، وكان يعتقد أن مطلق نظام يضعه فرد واحد هو أفضل من هذه التجميعات المتنافرة التي اشترك فيها بناء كثيرون . وكان نيوتن (Newton) رغم الهالة التي اصفاهها عليه النجاح السريع يتضايق ، حتى في التعبير عن فكره، من هجوم الديكارتيين (Cartesiens) عليه بصورة دائمة . ويمكن القول أن العلماء الاعلام في مجملهم كانت لهم في هذا القرن عقلية « الاسياد الكبار » الغيورين على امتيازاتهم .

وكان تبادل وجهات النظر يبدأ بشكل تحديات . وكان هذا الإجراء استمراراً للتراث المدرسي التنافسي . ولكنه كان ايضاً اسلوباً في اظهار النفس . أما عادة التوجه الى الجمهور العام مباشرة وهي عادة جديدة تماماً ومن فوق الجامعات المستعصية وذلك بنشر الكتب العلمية باللغة العامية ، فكان لها وقع آخر : من هذه الكتب : ديالوغو (Dialogo، 1632)، الخطاب 1637 . بانتظار « اوبتيك » نيوتن .

هؤلاء « السادة العظام » كانوا يفتشون لانفسهم عن جمهور وهذا الجمهور اخذ يتكون .

المثل الايطالي - في القرن 16 تكونت بورجوازية غنية ارادت التخلص من السادة التقليديين ، وساندت البحوث الجديدة . ولكن امراء ، امثال آل مدسيس (Medicis)، وكرادلة وباباوات كان عندهم علماء هم الرسميون .

وكانت المدن ذات الاصول العريقة المستقلة مثل بادو وبيزا وفلورنسا تسعى الى ان يكون لكل منها علماءها المشهورون العاملون لحسابها . ومن ايطاليا اتى العلم وكذلك الفن ، كما كان تقريباً كل العلماء الفرنسيين في القسم الاول من القرن 17 يعرفون الايطالية التي كانت مع اللاتينية ، اللغة العلمية الاولى . ومنذ 1603 تشكلت في روما ، تحت رعاية الامير فردريك سيزي (Federico Cesi) أول اكاديمية للعلماء « اكاديميا دي لنسي » (Accademia dei Lincei) وكان من اعضائها غاليل (Galilée) . وبعد نصف قرن أراد الدوق الكبير ، دوق توسكانة ، فردينان (Ferdinand II) ، أن يكون له في فلورنسا مجموعته العلمية ، فكانت اكاديميا دل سيمنتو (Accademia del Cimento) (اكاديميا التجربة) حيث جلس من 1657 الى 1667 فيفياني وبوري (Viviani, Borelli) وريدي (Redi) وستينون (Sténon) الخ .

وتعتبر حياة غاليله (1564 - 1642) المثل على الفضول وعلى المخاطر التي كانت تنتظر العلم الفتي . فقد عيّنهُ الدوق الكبير ، دوق توسكانة ، استاذاً للرياضيات في بيزا ، مدينة مولده ، واجتذبه الى بادو بمجلس شيوخ البندقية ، بعد أن أثبت جدارته وكفاءته ، ثم استدعي الى فلورنسا من جانب الدوق الكبير . ورغم ذلك لم يكن بالامكان انقاذه من المحاكمة في سنة 1633 . وكان ابعاده الى آرستري (Arcetri) حيث مات ، قد لُطِفَ بوجود تلميذه فيفياني (Viviani) الى جانبه وكذلك وجود توريشلي (Torricelli) . واكثر من ذلك انه استطاع كتابة ونشر الديسكورسي « الخطابات » سنة (1638) .

الفلاندر والبلدان المنخفضة - كانت بلاد الفلاندر والبلدان المنخفضة غنية وماهرة مثل ايطاليا ، فسارت هي ايضاً في طليعة التقدم . ومن المشهور المعروف كيف أُقِظَ ديكارت على البحث العلمي من قبل اسحاق بيكمان (Isaac Beeckman) وهو عالم منسي منذ زمن بعيد ، اكتشفه في ايامنا تبحر ش: دي وورد (C. de Waard) . وفي بروج ، ثم في هولندا اعتبر سيمون ستيفن Simon Stevin (1548-1620) الرياضي ومهندس السدود في هولندا ، المثل الكامل للاهتمام الذي تثيره في هذه الاقاليم فيزياء خرجت اخيراً من التفلسف ووضعت في خدمة الانسان . كان آتوني فان ليونوك (Antony van Leeuwenhoek) (1632 - 1723) بائع قماش في دلفت (DELFT) ، وأسندت اليه مهمات بلدية ونقابية . مهمة ، ولكنه لم يترك مكتبته التجاري وطاولة التجارب لكي يستلم منبر تعليم . وكان العلماء والباحثون الذين ، مثل ديكارت ، تراكضوا باعداد كبيرة ، من العديد من بلدان اوروبا ، نحو هذه الاقاليم الجدية والمطلعة جداً - يتغون فيها يتغون في أغلب الاحيان ، البحث فيها ، عن حرية تعبير لم يكونوا يجدونها دائماً في بلادهم .

ولم يكن - بأقل قيمة ، في هذه البلدان - عمل الناشرين الكبار أمثال الزفير (Elzevirs) ، في المقام الاول ، والذين أوكّل اليهم غاليليه ، من ايطاليا البعيدة ، نشر كتابه الخطابات (= ديسكورسي) ، وأمثال غيره ايضاً كجان مير (Jean Maire) الذي نشر « خطاب المنهج » لديكارت . وقد وضع القاضي الكبير قسطنطين هويجن (Constantijn Huygens) ، ذكاه ، وتأثيره بخدمة العلماء الفرنسيين أمثال ديكارت ومرسين (Mersenne) . وأصبح هؤلاء باكرأ ملهمي ابنه كريستيان هيجن Christiaan Huygens (1629-1695) الذي آمن عمله الرياضي والفيزيائي الصلة بين أعمال غاليلي ونيوتن . وذهب بنفسه ليقم في فرنسا حيث بقي من سنة 1666 الى سنة 1681 ، يتلقى حتى مماته من لويس الرابع معاشاً كما ظل عضواً في الاكاديمية الملكية للعلوم .

انكلترا - وقامت حركة موازية في انكلترا . كان العلماء الانكليز من كبار الرحالة - وغالباً بالرغم عنهم ، وذلك على أثر الاضطرابات الاهلية - وقد تجولوا كثيراً في فرنسا وايطاليا وفي البلدان المنخفضة .

ولكن علم القرن السابع عشر بدأ عندهم مع وليم جيلبرت (William Gilbert) (1540-1603) ومع كتاب « المغناطيس » و« المغنيت » (Magnete) لسنة 1600 . كان جيلبرت طبيباً عند

الملكة اليزابيث ثم عند جاك الاول . وترك عند موته اوراقاً ثمينة لم تنشر الا سنة 1651 على يد أخيه : « ديموندو نوسترو سوليفناري فيلوزوفيا نوسترا (De mundo nostro sublunari Philosophia nova) . وكان فرنسيس باكون (Francis Bacon) (1561 - 1626) على شهرته ، اقل قيمة علمية ، وبصورة خاصة انه لم يفهم أن العلم الجديد هو علم رياضي . وكان فيلسوفاً أكثر مما كان عالماً ، وقد كانت لديه الشجاعة بأن يجعل العلماء يعملون ، مميئاً لهم ان الفيزياء القديمة قد تم تجاوزها . وعمل على الربط بين النظرية والتطبيق ؛ وبحكم موقعه كوزير انكليزي (Chancelier-d'Angleterre) قبل أن يخسر موكره في دعوى أدت به الى السجن ، ثم الى عزلة تعيسة ، استخدم نفوذه من اجل رفع شأن العالم التجريبي ، الذي ظل محتقراً لمدة طويلة باعتباره مجرد حرفي . وقبل نشر « نوفم اورغانم » (Novum organum) بستين (1620) الحق في بلاط جاك الاول وليام هارفي (William Harvey) (1578 - 1657) الذي سوف يقلب الافكار الالفية حول الدورة الدموية في كتابه (1628) Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus).

وقد ألح باكون (Bacon) على ضرورة التبادل الفكري ، وكان نداؤه قد سمع . ونما التراث الباكوني بصورة رئيسية ضمن دائرة قامت في كامبريدج أولاً ثم انتقلت الى لندن ، بايعاز وتشجيع من تيودور هاك (Theodore Haak) وهو الماني عاش في انكلترا . وتشكلت مجموعة علمية اخرى في اوكسفورد ، استطاعت ان تجتذب روبرت بويل (Robert Boyle) (1627 - 1691) هذا النبيل الكبير الذي كان أيضاً رجل علم كبير . وفي 28 تشرين الثاني 1660 تأسست في « غريشام كوليج » (Gresham college) ، الجمعية الملكية . واخذت تظهر « المقالات الفلسفية » الشهيرة في سنة (1665) تحت رعاية اولدنبرغ (Oldenburg) شخصياً . وقد جاء هو أيضاً من المانيا . ولم تصبح هذه المقالات الناطق الرسمي باسم « الجمعية الملكية » الا في القرن 18 . إلا أنها منذ بداياتها الاولى ساعدت كثيراً على نشر الاكتشافات والافكار الجديدة في انكلترا وفي كل اوروبا .

وفي انكلترا أيضاً انتهى علم القرن 17 الى كماله في اعمال اسحاق نيوتن (Isaac Newton) (1643 - 1727 ، الطراز الجديد) الذي يجب أن لا ينسنا ، على كل ، كفاءات نظيره وخصمه روبرت هوك (Robert Hooke) ، (1635 — 1703) . جاء نيوتن الى العالم ، بعد عدة اشهر من موت غاليلي ، فعمل على دحر الشكوك التي اعترت العلم الميكانيكي الاول ، وذلك بفضل توصله الى تركيب عظيم ، كان ما يزال ينازع فيه الديكارتيون وليبنيز ، الا أنه قد ساد القرن 18 . واصبح نيوتن عضواً في البرلمان ، وانتخب في سنة 1703 رئيساً للجمعية الملكية وظل يعاد انتخابه حتى وفاته ، وقد هنئ بأن رأى عبقرية تتكرس بفعل اعجاب مواطنيه الشديد بها .

فرنسا - في فرنسا تولى رعاية المجموعات العلمية الاولى نيلان (على الاقل عرضاً) وارثان او قريان من التراث الايطالي : بيرسك (Peiresc) ، مستشار في برلمان بروفانسا ، ومازاران (Mazarin) . الذي اسس مكتبته الفخمة ، وأقام عليها البارع العظيم غبريال نودي (Gabriel Naudé) . كما تلقى

مازاران اهداء العديد من الكتب العلمية . وكانت المدن الكبرى في الاريايف تضم علماء وموسوعيين ذوي قيمة : بيرسك (Pieresc) في اكس آن برفانس ، فيرمات (Fermat) في تولوز ، اتيان باسكال (Etienne Pascal) في كليرمون فران ثم في روان . ولكن المركزية حدثت في هذه الاثناء ، وسوف تنمو الحياة العلمية في باريس وباريس هي التي ستشهد نمو الحياة العلمية .

وكانت هذه الحياة ، في باريس وفي الاريايف ، غير مدنية الا بالقليل للجامعات ، التي ظلت مدرسية . بعد ان تجاوزتها « الكلية الملكية » التي ضمت غاساندي وروبرفال (Roberval) (Gassendi) . وجمع الأخوان دوبوي (Dupuy) مجموعة ذات آراء حرة جداً . ولكن الصنّاع الاكبر حياة علمية مشتركة كان الاب ماران مرسين (P. Marin Mersenne) (1648-1588) . وكان كاهناً من سلك « المينيم » (Minimes) كرس حياته للعلم . ومنذ (1634) كتب يقول « لقد تعاهدت العلوم فيما بينها ان تقيم مجتمعاً منيعاً » . إذاً يتوجب على المتخصصين في كل العلوم ان يتشاوروا فيما بينهم وان يقارنوا بين اكتشافاتهم . والعلم سوف يتقدم اكثر لو سرت عادة العمل معاً : وأضاف : « لست أول من نادى بهذه الشكاوى » وقد أن الاوان للانتقال الى العمل . أما عمله هو بالذات فسوف يكون « هذه المراسلات » التي أمنت الاتصال بين علماء العالم أجمع - لانه كتب حتى الى القسطنطينية وحتى الى ترانسيلفانيا - وسوف يسحب العديد من علماء الاريايف من عزلتهم . ومن عمله أيضاً نشر « ميكانيك غاليلي » ثم « افكار جديدة لغاليلي » ثم صدور خمسة كتب « تجديدية » حول العلم ، ثم اخيراً ، في سنة 1635 ، الى جانب مجموعة دوبوي (Dupuy) ، تشكيل هذه « الاكاديمية الباريسية » اول انجاز لحلم كبير ، إذ كان يريد تجميع العلماء من كل المجالات . وكما كرست الاكاديمية الفرنسية فيما بعد صالون كونرار (Conrart) ، فسوف يكون تأسيس كولبير (Colbert) لأكاديمية العلوم ، سنة 1666 ، الاستعادة الرسمية لهذه المشاريع الخاصة . وابتداء من سنة 1665 ، ورغم الحوادث والانقطاعات ، اخذت تظهر « جريدة العلماء » . والكل يعلم ، بعد موت ديكارت كيف اخذت تناقش حتى في صالونات النساء المتحذلقات ، « العواصف والعوامل الهابطة » .

وهناك اسمان كبيران في العلم الفرنسي في القرن 17 يذكرنا بأن هذا العلم ، تحت الوحدة الظاهرة التي يريد لها كتاب تاريخ عجول ، بدا متنوعاً ومختلفاً الى أقصى حد ، باحثاً عن الحقيقة من طرق متناقضة أحياناً : ديكارت (1596 - 1650) - الذي امضى في هولندا سنوات درس اكثر مما في فرنسا قبل ان يذهب ليموت في ستوكهولم ، هو المنظر الساعي الى ايجاد علم استنتاجي ، انما على مبادئ اخرى ، شبيهة بعلم أرسطو ، وباسكال (Pascal) (1623-1662) هو بعكس ديكارت التجريبي الحذر الذي يحذر المباديء ، لانها في نظره مجرد خلاصات مؤقتة لاحداث حصلت . هذا التيار الذي يدل عليه أيضاً روبرفال (Roberval) (1602 - 1675) هو الاعم والاكثر وقوعاً . ولصالح هذه البراغمية ، صدرت العبارات الاولى الدالة على علم ايجابي وحتى وضعي عن رجلي دين : مرسين (Mersenne) والاب مالبراناش (Malebranche) (1638-1715) . وكان هذا الاخير وبأن واحد عالماً ومتصوفاً . وهكذا دخلت الفيزياء الجديدة الى فرنسا ، رغم محاکمتها سنة 1633 ،

بدون الكثير من المقاومة ، في جمهور كبير واسع :

اوروبا الوسطى - في اوروبا الوسطى اخذ جمهور علمي يتكون انما ببطء اكبر . في 29 أيلول سنة 1646 كتبت الاميرة اليزابيث من برلين الى ديكرت تقول انها لا تجد عندها الا القليل من العلماء « وهذا يعود الى ان كل الشعب فيها فقير الى درجة ان احداً فيها لا يدرس او لا يفكر الا من اجل المعيشة » . وفي الاضطراب السياسي ، كان كل عالم يفتش عن حظه حيث يستطيع : تيكو براهي (Tycho Brahé) في هيغن ، ثم في براغ ، والاب ماغني (P.Magni) في وارسو ، وهفليوس (Hevelius) في دانرغ . وترك ستينون (Sténon) بلد مولده الدانمارك ليذهب الى ايطاليا . ولكن كل شيء كان رهناً بتدابير الملك . و« أنجلة » السويد علمياً لم تعيش بعد ذهاب الملكة كريستين . وتدل الحياة المعذبة التي عاشها جوهان كبلر (Johann Kepler) (1571 - 1630) - الذي طرد من كرسيه في غراز (Graz) من اجل ارائه البروتستنتية ، والذي استقبل في براغ وغيرها انما بأجر زهيد ، والشبهه ايضاً في لينز Linz والذي اضطر الى الدفاع عن امه بجرم الشعوذة ، والى الركض باستمرار وراء المعونات الموعودة انما غير المحققة ابداً ، كل هذا يدل على الظروف الصعبة التي كان يعيشها يومئذ في تلك البلدان عالم سيء الحظ .

وفيا بعد عرف العلماء استقراراً اكبر . فقد استخدم غوتفريد ويلهلم ليبنيز (1646 - 1716) (Gottfried Wilhelm Leibniz) - وهو فكر شمولي ، ورحالة كبير ، ومستشار سياسي ودبلوماسي وجد في مكتبة هانوفر Hanovre ، وكان حافظاً لها ، ما يغذي سعة علمه المدهشة - كل تأثيره ، الذي كان عظيماً ، لنشر « المعارف والانوار » . وفي سنة (1700) أسس اكااديمية العلوم في برلين . ومنذ البداية (1682) ساهم في « الاعمال الموسوعية » التي نشرت في ليبزيغ ، والتي ادت خدمات جليل ، بأن واحد ، بمسئولتها العالي ثم بكونها محررة باللاتينية ، فكانت مفهومة من علماء جميع البلدان .

من المجموعات الخاصة في الفيزياء الى المختبر - على هامش الاكاديميات والمجلات العلمية تجب الإشارة ايضاً الى التشجيع التي كانت تلاقيه المجموعات الخاصة ، او التي كانت تسمى يومئذ « بالمقصورات » . والحقيقة ان هذه المقصورات كانت تتضمن كل شيء ، وكانت اشبه شيء بالبازار . وكانت مجموعات دوبيوي Dupuy تجمع في مقصورة الاخوين ؛ وكان للاب مارسين (P.Mersenne) مقصورته الخاصة التي تتضمن خاصة أدوات الفيزياء ؛ أما مقصورة الاب كيرشر (P.Kircher) في روما فكانت تتضمن اشياء اكثر تنوعاً ، من المتحجرات ، والبلورات والاسنان وقرون وحيد القرن الخ . ولكن شوهدت اشياء اكثر ندرة في مقصورات رومانية : من ذلك مثلاً تينان عظيمان من القش المحشي (كما كان فيها تنين الاساطير الحق) وكان احدهما في متحف بابريني ، والآخر في متحف الدروفاندي (Aldrovandi) .

ويجب أن لا نكون قساة بالنسبة الى هذه البدايات المضطربة في العلم الموسوعي .

فقد كان هؤلاء الناس ، الذين نشأوا على « الفيزياء » السكولاستيكية ، يطبقون الان علم الوقائع ، منصبين على التفصيلات المميزة . وقد كان المسافرون ، وهم مستمرين بالاهتمام بأدأب

البلدان التي يزورون ، ذات الذكريات التاريخية او الاسطورية ، كان هؤلاء يزورون العلماء المحليين ، وينظرون الى الملاحظات ، والمناجم والكهوف ، ويدونون الملاحظات الآتية عن الادوية المستعملة في تلك المناطق ، الخ. وكانوا يعودون الى بلادهم محملين بالمستندات الضرورية في كل شأن . وأخذت الغربة تفعل فعلها في النصف الثاني من القرن السابع عشر ، عندما اخذت الافكار تتوضح وتكاثرت المجموعات الرسمية او الخاصة وكذلك الجنائن النباتية يومئذ ، كما تكاثرت ايضاً مراصد الهواء : لقد اشار الاب همبرت (P.Humbert) الى ما لا يقل عن 23 مرصداً في باريس بين سنة 1610 و1667 . وفي أواخر القرن فتحت المراصد الكبيرة الاولى الرسمية الحديثة مثل مرصد باريس (1672) ومرصد غرينيتش (1675) .

II - الطبيعة كتبت بلغة الرياضيات

وردت هذه العبارة منذ 1623 في كتاب ساغيتور (Saggiatore) لغاليلي . وهي عبارة فريدة في ثورتها فهي ، على الأقل بالنسبة الى العالم ، طردت الطبيعة القديمة ، تنظيم هيولي من الاشكال ومن الصفات . وبرزت طبيعة جديدة ، مجمل مترابط من الاحداث الكمية . بل ان معنى البحث سوف ينقلب رأساً على عقب .

أفضلية الرياضيات وأسبقيتها - ان عبارة « الطبيعة كتبت بلغة الرياضيات » هي عبارة ثورية ايضاً ولكنها ايضاً مخاطرة ، ويشكل فريد . لا شك ان غاليلي كان يدرس منذ 20 سنة سقوط الاجسام . ولكنه لم ينشر الا في سنة 1632 ، في ديالوغو (Dialogo) ، العبارات الكافية المرضية في سنة 1623 ، ومن اجل اثبات ان الطبيعة هي رياضيات ، لم يكن هناك ، على صعيد الوقائع الا المذكرات العتيقة حول طول الاوتار المرنّة ، وحول قانون . (غير الصحيح) الانكسار لكبلر (Kepler) ، وكذلك مبدأ ارخميدس (Archimède) ، حول المخل ، ثم بعد 1609 ، قوانين كبلر ، وكلها مقدمات فخمة ولا شك . ولكننا نعلم كيف تصرف غاليلي بحذر غريب تجاه اكتشافات كبلر . وعلى كل حال ، هناك هوة كبيرة بين تحقيقات بعض التقارير الرقمية الثابتة ، والعبارة الواردة في «ساغيتور» (Saggiatore) لغاليلي . وليست حالة ديكرات بأقل ايماء . فقد فكر بالبناء ، قبل اية تجربة ، « على الاسس الثابتة والمنتية » للرياضيات ، بناء معرفة مضمونة . ولكن حالة غاليلي او حالة ديكرات هي ايضاً حالة كل هذا الجليل من العلماء : كتب كبلر يقول في مقدمة كتابه استرونوميا نوبا (Astronomia nova) (1609) : « من الصعب جداً اليوم كتابة كتب في الرياضيات وخاصة الفلكية منها » . فقراءتها تظل صعبة : « ولهذا لا يوجد اليوم الا قليل من القراء الجليدين . . . وانا نفسي ، الذي اعتبر نفسي عالماً رياضياً ، اتعب عند قراءة عملي » . ومع ذلك فانه هو ايضاً حرص على تربيض الطبيعة .

الفيتاغورية الجديدة - لا شك انه كان من الواجب اعادة النظر بالالة الرياضية بالذات . اذ قلما استعملت هذه الآلة منذ ايام الرومان . كتب كبلر يقول ايضاً : « كم من الرياضيين يجهدون

أنفسهم بقراءة كتاب المخروطات لابولونيوس (Apollonius)، بكامله!، علماً بأن هذه الأسس القديمة، مضافاً إليها جبركاردان (Cardan) وقِيَات (Viète) هي التي سوف تكون نقطة انطلاق رياضي ذلك القرن في مسارهم الى الامام، وكان كُلُّ منهم يندفع في اتجاه عبقرته الخاصة.

تجاء هذا العدد القليل من القوانين الكمية، وحتى في حال غياب وسيلة رياضية كان من الواجب خلقها، وفي حال لم يكن كبار العلماء قد تعودوا على الحساب، في مثل هذه الاحوال بدا واضحاً، ان فكرة ترييض الطبيعة، وهي فكرة مشتركة لدى كل علماء الجيل الاول، هذه الفكرة لم تكن ابداً الثبت من واقعة، بل كانت أمنية فكر، لقد كانت مطلباً مسبقاً فحماً. ولكي تبدأ الوقائع تدون في اطار الرياضيات، كان من الواجب بالدرجة الاولى وضع هذا الاطار في مكانه، ولهذا كان لا بد في البداية من تصور فائدته او التنبؤ بها. أن كبلر وغاليلي وديكارت في بداياتهم لم يكونوا الا يستعيدوا حلم فيثاغورس - الذي عمل على تضليل كبلر في نظرية تجاذب الكرات -، وكذلك حلم افلاطون الفيثاغوري والرياضي، المتروك طويلاً لصالح افلاطون الاسطوري، من هذا الحلم سوف يبنون بصورة تدريجية واقعاً حقيقياً. ولكن بالنسبة الى علماء الجيل الاول، سبق الفكر العملي الوقائع سبقاً أكيداً وبعيداً.

III - اعادة النظر في مفهوم العلم

كان يلزم القليل من الملاحظات، بهذا الشأن لاضافته الى الملاحظات القديمة من اجل أن يقوم هؤلاء العلماء، عن وعي تام، ببناء « فلسفة جديدة » اي علم جديد في لغة ذلك الزمن. والواقع ان الفيزياء الكمية لا علاقة لها عملياً بفيزياء التوقعات.

وبصورة حذرة اخذت تحدد خط هدفها. كتب مرسين (Mersenne)، وهو يبنى علم بصريات رياضية خالصة يقول: « وعلى كل لا أريد أن أرمى كلياً كل انواع الاشياء القصدية ». وفسر بقوله أن الصوت المسموع ليس فقط رنيناً في الهواء بل هو أيضاً بناء من العضو الحسي. هل في هذا شيء من الحذر من مواجهة الشكوك والظنون القائمة في قلوب علماء ذلك الزمن! ليس هذا هو السبب برأينا بل هو شعور بتعقيدات الواقع، وهو اعتراف له ما يبرره بأن الترجمة الكمية للظواهرات وللأحداث هي تجريد - تجريد خصب الا انه لا يستطيع الحلول محل الاحساس. انها ذكرى سعيدة من تكوينه المدرسي.

ومهما يكن من امر فابتداءً من القرن السابع عشر توقف « غرض العلم » عن ان يكون النوعية المدركة ليصبح الكمية المقاسة، باستثناء الكيمياء والتاريخ الطبيعي، بالطبع.

مفهوم الظاهرة او الحدث - وبذات الوقت عُرِفَ بالمعنى الحديث، وهو معنى جديد كل الجدة يومئذ، مفهوم الحدث أو الظاهرة: هذا التجريد الكمي الذي ليس هو كل شيء في الاشياء.

حتى ذلك الحين كانت كلمة علم مقصورة على معرفة الكائن، اي على معرفة الاشياء الازلية.

أما الظاهر، ظاهر الأشياء فلم يكن إلا هبوطاً أو نزولاً محتملاً للكائن ؛ وهذا الظاهر لا يشكل موضوع علم ، بل كان فقط مادة إبداع رأي . وكل علم جدير بهذا الاسم يرى في التأويل رجوعاً من المظهر إلى كنه الشيء بالذات .

وعلى هذا كان هناك فصل مماثل بين العلم ، الذي هو تأمل في الحقائق الخالدة ، وبين الفن « أو الصناعة » (وهو من عمل الحرفي الضائع) الذي هو تعامل تجريبي بالظواهر . الفن « يقلد » الطبيعة ولكنه لا يمكس بها ابداً : من ذلك مثلاً أن الحاصل التركيبي المتكون في المختبر ، لا يكون له ابداً البنية الصحيحة التي للمنتوج الطبيعي .

هذا الأسلوب في التفكير هو ما عمل علماء القرن السابع عشر على تحويله تحويلاً كاملاً . فهم لم يكتفوا فقط بالاستغناء عن أرسطو ، بل إن فيثاغوريته لم تعد تأملية فلسفية ، بل أصبحت ناشطة : لقد أرادوا تريض الطبيعة حتى يروا فيها آلة ضخمة نستطيع نحن ، من الناحية المثالية أن نصنع وأن نفبرك ، بموجب قوانينها لا بموجب كينونتها . ومع فيثاغور (Phythagore) ، تمت العودة إلى أرخيدس (Archimède) . وهذا يفترض أنهم قد أزالوا التفريق بين العلم والفن ، وأنهم تصوروا معرفة الأحداث ، وكأنها أمساك ولو جزئي بالطبيعة ذاتها ، باعتبارها « علماً » . وبالإمكان التبع خطوة خطوة ، من باكون إلى كتاب القرن الثامن عشر ، لهذا المسار المدهش الذي سوف يقلب معنى الكلمات المفتاح في كل علم المعرفة .

كان باكون عالم ، ومع ذلك فقد ظل رجلاً من العقلية القديمة . وكان فيلسوفاً ، ولكنه تصور بوضوح تام النظام المثالي للعلم الجديد . كان يرى أنه من الواجب تكييف المحدد من أجل فهمه بواسطة النظريات الحقة الصحيحة ، « الفن » ، هذا العمل المحتقر حتى ذلك الحين - ربما لأنه كان عاجزاً - هو تكييف الأشياء ، بحيث أصبح الفنان المساعد الضروري « للعلم » النظري . وكما أثبت عن جدارة الأب م. شول (P.M.Schuhl) : أن هذا الاتحاد بين النظرية والتطبيق كان يومئذ تجديداً ثورياً . فبدلاً من العبارة القديمة : المعرفة هي التأمل ، حلت عبارة جديدة : المعرفة ، هي الصناعة وهي الإنتاج .

عالم من نمط جديد - إنَّ باكون (Bacon) ، وغاليلي (Galilée) ، تلميذ أرخيدس الإلهي ، وديكارت ، الذي كان يرى أن كل الأشياء الاصطناعية هي بذات الوقت طبيعية ، ومرسين (Mersenne) ، وكل العلماء من المدرسة الشابة ادخلوا بالقوة تقريباً عالم المختبر إلى الساحة التي كانت حتى ذلك الحين مخصصة للعالم صاحب اللقب الذي يتفلسف حول جواهر الأشياء . نلاحظ فضلاً عن ذلك أن العالم الواصل جديداً ، إذا أراد أن يحصل على آلات جيدة ، كان عليه أن يفبركها بنفسه .

وارتدت « الظاهرة » أو الحدث قيمة جديدة . فمن أجل تفسيره لم يعد العلم الفتي يبحث ، مثلاً كان يفعل العلم القديم ، في ربطه بمبادئ ميتافيزيكية ، بل اعتبره كمعطى متماسك وفسره بعد

اكتشاف قواعد تماسكه أي القوانين . والنماذج الميكانيكية التي اقترحها الرياضيون ليس لها في العلم القديم الا قيمة « الفرضيات » . هذه النماذج أصبحت كل شيء في العلم الجديد .

وازداد التعلق بالآوتومات في القرن السابع عشر : فكان هناك « الكهوف السحرية » ، والابعاد الغريبة المدهشة ، واكمال تصنيع الساعات الدقاقة . ولكن الشيء الذي تم تحقيقه يومئذ لم يكن شيئاً بالنسبة الى المطلوب المبتغى ، إذ أنهم جعلوا من الطبيعة من الناحية المثالية شيئاً آوتوماتيكياً لا حدود له . بالنسبة الى ديكارت النفس تتحكم بحركات الجسد كما يتحكم السقاء بحفريات القنوات أو كما يتحكم نافخ الاورغ بالهواء الذي يدفعه في الانابيب المختارة .

وهكذا ظهرت الموديلات الاولى المصغرة . درس جيلبرت المغناطيسية والكهرباء الارضيتين على « التريلا » وهو مغناطيسي دائري كروي اعتبر بمثابة « ارض » ؛ واستخدم ديكارت كرة هارون الاسكندري (وهي كرة تتحرك تلقائياً بخروج البخار منها) ، لدرس حركة البخار . وابتكر الاب فورنيه (P.Fournier) ، ولنفس الغرض غرطة ذات فتحات مرتبة بإتقان .

الفكر الميكانيكي - وهكذا تكونت الفيزياء الميكانيكية ، وبالتعميم هذه البيولوجيا الميكانيكية ، وحتى ، عند هوبز (Hobbes) هذه السيكلوجيا الميكانيكية ، وهي اشياء حاول « الفن » أن يعيد صياغة طبيعتها ، هذه المجالات استحققت بالتالي اسم « العلم » .

وعلى كل لم يكن هذا العلم في القرن السابع عشر باستثناء ديكارت ، دوغماتيكياً . ان حرص مرسين (Mersenne) : علمنا يعيد صورة الاشياء ولكن الاشياء لها طبيعتها الخاصة ، هو حرص كل علماء عصره تقريباً . ويقول آخر ان العلم الميكانيكي ، لم يكن ، عند اي مستوى تفسيراً كاملاً ، بل ترك الساحة حرة امام موقف فلسفي . انه براغماتيكي عند مرسين (Mersenne) وغاسندي (Gassendi) وروبرفال (Roberval) وغالبية علماء القرن ، وكان صوفياً عند باسكال وميتافيزيكا عند ديكارت وعند نيوتن . في هذا الحوار البادئ بين الفلاسفة والعلماء المحدثين ، اطلق مالبرانش (Malebranche) عبارة كان لها وقع طويل مديد : لترك للميتافيزيكا دراسة القوة الغامضة الفعالة في الاسباب ، أما العلم فيكفيه معرفة القوانين .

تغير القيم - وبصورة تدريجية على كل حال اتجهت الفيزياء الجديدة الى احتكار كلمة علم المقدرة تقديراً عالياً يومئذ . وبدأ روبرفال (Roberval) وكأنه أول لا أدري بالمعنى الحديث للكلمة، غير شكاً بحسب الاسلوب القديم ، الا انه لم يكن يؤمن بالا بعلم .

وهكذا من باكون (Bacon) الى القرن الثامن عشر بدت المعرفة - والمعالجة - للظواهر تنساب بخجل في بادئ الامر ثم بطمأنينة وثقة ، في المجال المخصص « للعلم » . حيث تألفت وتزاوجت مع الميتافيزيك. ولكن بعد ذلك رغم أن كلمة عالم كانت تدل في ذلك الحين، كما وردت في « صحيفة العلماء » ، على الانسان الموسوعي ، - هذه المعرفة ظلت العلم الوحيد في الفهارس والمصطلحات ، ومن هنا مال بعض الفلاسفة الى اعتبار الميتافيزياء شأناً من شؤون « الرأي » . إنها

مغامرة عجيبة ، مرت غير منظورة ان نحن اكتفين بالكلمات وحدها ، الا انها اقتضت ، رغم دوام هذه الكلمات ، قلباً حقيقياً لمعانيتها .

اصلاح الادمغة - لقد غير العلم اتجاهه لأن فكر الانسان قد تغير . يقول مالبرنش : « التجربة تعلم ، الى حد ما انه لا يمكن اقناع الديكارتي عن طريق مبادئ ارسطو ولا اقناع الارسطي بمبادئ ديكارت » . وبالنسبة الى هذا « الفكر العلمي الجديد » لم تعد اعتبارات « المظاهر الحسية » اغراء . لقد فهم غاليلي تماماً ذعر العلماء القدامى (ديالوغو 1632) : فابعادهم عن « الطبائع الخالدة » يعني تدميرهم هذا الملاذ هو هذا الحمى الذي كانوا يحمون به . ونشر العلم الجديد لا بد من العمل على اعادة صنع ادمغة الرجال . لماذا الاعجاب بالسموات التي لا تنفى ؟ الثابتة الازلية ؟ ان الحياة في الحركة ، في الدورة التي تمس الاجيال ويطالها الفساد . وكل شيء عدا ذلك تافه محتقر وميت . ولكن الفكرة سبق ان وجدت في كتاب ماغنيت (De Magnete) لمؤلفه جيلبرت (Gilbert) ، والذي صدر رمزياً في فجر القرن أي سنة 1600 . وهو كتاب اعتبره غاليلي مستحقاً للمدح وللغبطة ، وقال باعتباره كأحد الاسس في بناء الفكر العلمي الجديد . كتب جيلبرت يقول : ان الارسطيين يذكرون ان الطبيعة تبحث عن السكون : « ولكن كل الاجيال تولد من الحركة التي لولاها لنامت الطبيعة » . ولهذا بدا جيلبرت كوبرنيكياً على طريقته إذ إنه ما زال يعتقد بوجود روح مغناطيسية للارض ، وهذه فكرة لم يحقرها لا غاليلي ولا نيوتن . فجرمان الارض من الحركة في حين أن كل الكواكب تتحرك ، جعل الاقدمين يضعون الارض في حالة بؤس : « الارض وحدها في نظرهم هي حثالة تميصة في العالم ، وهي غير كاملة وميتة وجامدة وبدون فائدة »⁽¹⁾ .

ويقتضي اصلاح الادمغة اصلاحاً في المحبة ، في العاطفة التي تجرؤ على ترك « الملاذ » ملاذ الكائنات التي لا تفسد ، لكي تدرس الظاهرة القابلة للفساد . ونبقى بعيدين عندما نشير ، من اجل تفسير العقلية الجديدة ، الى ترك منهجية التسلط . وبعتراف غاليلي ، كان جيلبرت (Gilbert) هو المعلم المرشد . - ويقول آخر : انه الشاهد الاول المؤكد - على هذا الانقلاب . لقد ناضل ضد « الجبن ، جبن الفكر الشعبي » الذي يكفي بأن يردد ويرفض كل تجديد . واذاً فجيلبرت يجرم الكسل الفكري ، وتقديم كتابه يعبر عن كل فكره : ان الفقهاء يتبعون انفسهم في تفلسف يدور حول نفسه ، « واني اكتب من اجلكم فقط ، انتم الذين تعرفون بحق كيف تتفلسفون ، انتم المتخلصون من الافكار المسبقة ، الذين يبحثون عن العلم لا في الكتب وحدها بل في الاشياء بالذات ، قد كتبت هذه المبادئ حول المغناطيسية ، المولودة من كيفية جديدة في التفلسف » . من باكون (Bacon) الى باسكال (Pascal) ، الى مالبرنش (Malebranche) ، لم يكن العمل الا الاجابة على هذا النداء ، ان الفكر العلمي الجديد ، هو ، بعد التخلص من علم تأملي ، التحول الى « الحركية » الحديثة - ولكنها مصححة بنوع من الميتافيزيك .

(1) Gilbert, de Magnete (Londres, 1600) liv. V chap. 12, p209.

- ان هذه الكلمات هي التي استعادها حرفياً غاليلي في كتابه « ديالوغو » .

VI - من الكون الكامل الأزلي الى الكون المتحرك

ان يسبق هذا الاصلاح الذهني ، في اغلب الاحيان ، تقدم التقنية (دون ان يكون على الاطلاق نابعها) هذا ما لدينا الاثبات عليه عبر تاريخ الانتقال من الكون الازلي (Cosmos) الى الكون المرضي (Univers) .

ان الكون [الجوهر] ككل منظم غائي ، غير قابل للفساد ، متراتب محدود بكرة الشوايت ، اخذ يتهاوى ، في الفكر الحديث مع « دوكت اينيورانس » (Docte ignorance) - نقولاً دي كوي (Nicolas de Cues) (1440) . معه بدأ الانسان يخرج من « الملاذ » حيث كان يلوذ الكثيرون من معاصري غاليلي (Galilée) ايضاً . بالنسبة الى دي كوي (De cues) لم يعد هناك مركز قابل للتعين بالنسبة الى العالم . لقد بنى كوبرنيك (Copernic) فيها بعد عالمًا يتمحور حول الشمس ، في حين ان برونو (Bruno) عاد الى فكرة العالم غير المنتهي .

من الملحوظ ان هذه الافكار قد صيغت في بادئ الامر وكأنها معطيات مسبقة ، وكأنها رغبة في اللانهاي وفي الحركة ، دونما علاقة ، حتى حينه ، بالتجربة الخارجية . هذا التدمير للكرة السماوية يبدو كنوع من الحرب .

العالم نظام قوى - كانت الامور عند هذا الحد في مطلع القرن 17 . ولكننا نعلم بعد ذلك ان « الحركة » قد انتصرت ، وانهم سوف يهتمون بعد ذلك « بالظواهرات » . ضمن هذه البحوث التأملية المتبقية من رؤى الفكر سوف يدمجون واقع الاشياء .

وهنا ايضاً يحتل جيلبرت (Gilbert) مكاناً مرموقاً . لا شك انه لم يقل شيئاً عن حركة الارض حول الشمس ، ولكنه دورها حول نفسها كما فعل كوبرنيك ، أما ما لم يفعله كوبرنيك (Copernic) ، وفعله جيلبرت ، فهو انه بحث عن سبب « فيزيائي » لهذا الدوران . فقد كان يرى ان الارض مغناطيس - وهذا هو الخطأ الوحيد الذي أخذه عليه غاليليه - وان مغناطيسيتها الذاتية هي التي تدورها . واكثر من ذلك ، انها مزودة بقطبين مغناطيسيين ، ولذا فهي تشكل حقيقة فيزيائية داخل نظام للقوى ، وهذا يعتبر تقدماً ضخماً بالنسبة الى « علم الحركة » (Cinématique) عند كوبرنيك (Copernic) .

ان كبلر (Kepler) - المؤسس الحقيقي لنظرية محورية الشمس العلمية - قد رأى هو ايضاً في الشمس وفي الكواكب مغناطيسيات . ولكنه تجاوز بكثير الهامات جيلبرت ، لقد بنى اخيراً « نظاماً شمسياً » ذا قوى عركة ، جذابة ومغناطيسية ، ووصف حركات صحيحة . ولكي يصل الى هذا ، توجب له - تحت طائلة اية تحديات واي جهد - ان يقطع علاقاته اخيراً مع السحر القديم سحر الحركة الدائرية . وهذا لم يكن فقط نجاحاً في الحساب ، بل انهيار معتقد معمّر أزلي . واكثر من ذلك اذا كان فضاؤه ظل متناهيًا ومحدوداً بكرة الشوايت الا انه لم يعد فضاءً نوعياً : لم يعد هناك من « أمكنة طبيعية » ، كل « الامكنة » متساوية . وحول هذه النقطة ايضاً ، كان تقدم التقنية يقتضي رؤية جديدة للاشياء

كون قابل للفساد؛ كون غير محدود - في سنة 1609، ترك كبلر Kepler النجوم (الثوابت) خارج المعطيات السارية على بقية الاجرام السماوية . ولكن بعد 1610 مكن المنظار الفلكي (المرصد) من رؤية بقع في الشمس ومن رؤية جبال في القمر . ان « سامبليسيو » المذكور في « ديالوغو » غاليليه ، لم يكن يقبل بهذه الاشياء الجديدة المفضحة التي تحرم الكواكب من طبيعتها الازلية ، كما توحي ، بصورة اقوى ، بفكرة ان الارض هي كوكب كبقية الكواكب الاخرى . ولكن اعتراضاته لم تكن تستطيع ايقاف المجددين ، لا لانها لم تكن بدون قيمة فقط ، بل ايضاً لان الاحداث الجديدة تخدم بشكل مناسب تماماً هذه الارادة المصممة الراغبة في « حدثنة » ومظهره العالم الكواكبي ، اي جعله عالماً حدثانياً .

ان علم فلك غاليلي لم يسجل تقدماً بالنسبة الى عالم كبلر (Kepler) ، الا انه عمم واشاع محورية الشمس ، ومحاكمته اذاعت شهرته . واذا كان قد اخطأ بعدم تتبع كبلر (Kepler) بدقة ، حول مسألة المدار الاهليلجي للكواكب (لقرط ما كان المعتقد القديم بصوابية الحركة الدائرة راسخاً ، حتى على عقل كمقله) الا أنه بالمقابل أعطى حيزاً للكون . (Il donne du champ à l'Univers) . لقد رفض - وهو يستعيد تقريباً ، عبارة نقولا دي كوي (Nicolas de Cues) ، لأنها أقل تعريضاً من عبارة برونو (Bruno) - ان يقرر ما إذا كان العالم متناهيأ أو غير متناه ، إلا أنه أوحى ولمح بأن فكرة العالم المتناهي ليس لها أي أساس إلا اعتقادنا العفوي بمحورية الانسان . هذا الحل لعالم « غير محدد » تمسك به أيضاً ديكارت . هل هي صيغة « حذرة » بعد المأساة التي حلت برونو؟ (Bruno) ليس ذلك أكيداً . ومهما يكن من أمر ، الشيء الجوهري قد حصل : ان كرة الثوابت قد ذابت في الكون المتغير الجديد

توحيد الفيزياء السماوية والفيزياء الارضية - ان ديناميك غاليليه هو الذي بقي ، مع شجاعته الكبرى امام المحنة ، عنوان عظمتة ومجده . فقد نزع كل احتمال عن « محورية الارض » ، وبدأ يرد على برهان تيكو براهي (Tycho Brahé) الذي لم يكن يريد ان تكون الارض كوكباً من الكواكب . ومع ذلك كان لا بد من انتظار هوك (Hooke) ونيوتن حتى تلتحم حقاً ، ضمن علم واحد ، فيزياء السماء وفيزياء الارض . ويمكن القول اذاً ان هذا التقدم المحسوس كان يقتضي الجهد الثابت لقرن كامل . وبالنسبة الى غاليلي أيضاً ، لم تكن الارض المتحركة لتخلق في الجسم الساقط سقوطاً حراً قوة تماس مستقيمة - وقد تجرأ بورلي (Borelli) فادخل لأول مرة في التاريخ « القوى النزاعة عن المركز في الميكانيك السماوي » ولكنه ، عندما اقتضى الامر دراسة أثر مثل هذه القوة في سقوط الاجسام على الارض ، تراجع ، وعاد الى الجواب - غير الكافي - الذي واجه به غاليليه تيكوبراهي . حتى بالنسبة الى انصار المدرسة الجديدة ، لم يكن من السهل عليهم ان يروا ببساطة ان الارض هي كوكب ! واخيراً مع نيوتن : أن نفس القوى هي التي تعمل حقاً على كرتنا وفي السماوات . من كواكب « غير وازنة بطبيعتها » الى كواكب « ذات وزن » عند نيوتن ، هذا هو الطريق الذي تم اجتيازه ، وكم من حاجز سيكولوجي كان يجب التغلب عليه .

السقوط او الجذب - من جيلبرت Gilbert الى نيوتن مروراً بكبلر ، فرضت فكرة « الجذب » (التي ظنت ، في بادئ الامر ، وكأنها قوة مغناطيسية) نفسها في مواجهة الفكرة القديمة ، فكرة الاجسام التي تقع « مدفوعة » برغبتها في العودة الى مكانها الطبيعي . وظل ديكارت متتبعاً ، مثل مالبرانش (Malebranche)، مرعوباً بهذه « القوة الجاذبة » التي كان يراها قدرة خفية . فبالنسبة اليه ، كما بالنسبة الى الارسطيين ، تكون الاجسام مدفوعة ، انما هذه المرة ، بعواطف ميكانيكية .

هذا النزاع لم يكن الا مظهراً من مظاهر الصراع بين الميكانيسم والديناميسم والذي سوف نعود

اليه

العالم له تاريخ - بالمقابل عمل ديكارت (Descartes) اكثر من أي كان ليثبت ان الارض والكواكب ذات طبيعة واحدة ، والبقع في الشمس اوحى له ان هذه الكواكب ، وبالتالي كل النجوم ، لها تاريخ ، وان الارض هي « نجم » بارد وان السماوات ، كما رأى برونو ، هي تراكم كواكب متساوية وانها كلها تتبع نفس القوانين . واستغل الاب كرشر (P. Kircher) هذه الفكرة . اما كتابه « موندوس سوبترانوس » (Mundus subterraneus) المضطرب انما الثمين (1664 - 1665) فيمكن ان يعتبر كأول كتاب في الجيولوجيا الحديثة .

ولكن حتى يتولد هذا العلم ، كم من العقبات يجب التغلب عليها ! لفهم الفائدة الممكنة من النظر في باطن الارض ، يتوجب اولاً - كما قاله ديكارت وكرشر (Descartes et Kircher) بالكلام الصريح - تهديد احرارجات العلماء البقدامى الذين كانوا يرون ان الظواهر الباطنة تفسر بالظواهر العليا (بالاحوال الجوية التي هي فوق سطح الارض) . فضلاً عن ذلك ، يجب ان لا ننسى ان الارض كانت يومئذ « عنصراً » اي انها مبدأ بسيط لا يتطلب لا ملاحظة او مراقبة ولا تحليلاً . وكان على غاليلي ان يكرس صفحات طويلة في « دIALOGO » (Dialogo) ليقنع سمبليسيو (Simplicio) بانها ليست عنصراً ، ولا هي بالتالي تشكياً بسيطاً ، بل تجميعاً من الاجسام المعقدة جداً ، وهنا ايضاً ولكي تستطيع العيون الرؤية ، يتوجب على الادمغة ان تتغير ، وقد عرف ستينون (Sténon) وقال كم هو مدين ، ان لم يكن لعلم ديكارت (Descartes)، فعل الاقل بالنسبة الى العقلية الديكارتية . وكان من الواجب ان تفرض هذه العقلية الجديدة نفسها حتى يتسنى أخيراً إيفاء عمل برنار باليي (Bernard Palissy) حقه بعدما كان محتقراً لفترة طويلة

وللتنتقال من الكون الازلي الى الكون العرضي ، كان لا بد من حدوث ملاحظات تقنية لا تخصي ، كما كان لا بد من إجراء حسابات مستعانة بصورة مستمرة . هذا التجديد للعالم كان ، نوعاً ما الوجه الآخر لتجديد مائل حدث في العقلية العلمية .

٧ - ما وراء الادراك

كانت الفيزياء النوعية تعتبر الواقع ما يدرك مباشرة . وبحسب تعبير برنشفيك (Brunschvicg) نُحِلُّ الاولية (Mécanisme) على هذا الواقع المحسوس واقعاً فكرياً .

ولكن هناك بعد كبير بين الصيغة الرياضية والواقع المحدد . في بداية القرن ، ظل المبدأ الذري القديم ، الذي لم يتغير منذ إبيقور ولوكرس (Epicure et Lucrèce) ، رؤية فكرية ، عاجزة عن سد الفراغ . ولم يكن رقص وثوران المادة المرهفة بأفضل أو أعلى قيمة .

ثم انه حتى موت ديكارت (Descartes) ، ظل العلم الجديد يشير الدهشة والاعجاب ولكنه أيضاً يشير الفزع لفرط جرأته . فقد تعمم بصفاء مذهل ، لم ينبج منه الا مرسين الحذر . نذكر هذه المناقشات التي لا تنتهي حول الخط المنحني الذي يجب ان يرسمه الجسم الساقط « نحو مركز الارض » ، وفي الاجوبة الحاسمة خطأ والتي قال بها غاليلي ، وبالاستنتاج الديكارتي لعالم كل شيء فيه واضح واكيد كعالم ارسطو! انها جرأة محظوظة ولا شك : إذ لو أنهم رأوا من اول وهلة كم هي معقدة ، أشياء الكون إذاً لأصيبوا بالخوف ، هؤلاء المحدثون القدماء . ويبقى على كل حال انهم لم يستطيعوا الهرب من الادراكات البسيطة ، التي ليست ابدأ الادراكات النوعية عند الارسطيين ، بل هي ادراكات الميكانيكيين الذين ما زالت ماكيناتهم بدائية . « من الذرة الى النجم » ومع ذلك فقد شاهدوا الكون يتبنى وفقاً لنموذج هذه الالات البسيطة . وبعد 1650 اخذت المناهج الجديدة تكتسب مزيداً من الدقة ، واخذ الفكر العلمي الجديد يزداد حذراً ونضجاً .

الملاحظات الدقيقة والحرص على الاجزاء العشرية - ان الرابط بين الكون المرئي والكون الفكري مدين كثيراً للرياضيين الذين حرصوا على التمسك بفكرة الحد . وقد تأمل غاليلي بهذه المسائل وهو يتتبع اعمال كافاليري (Cavalieri) حول الارقام غير القابلة للقسمة ، واعتبر ان مساحات واحجام الاجسام الجامدة مؤلفة من عدد لا ينتهي من الذرات التي ليس لها امتداد . ان بين الادراك والواقع تمتد منطقة نستطيع نحن ادراكها ، أن لم يكن بالحدس فبالحساب .

وبعد اختراع وتطبيق الحساب اللامتناهي في الصغر ، بدأ الاحصاء بهذه المنطقة الوسط التي ليست المظهر المحسوس الخالص ، المشبع بالذاتية ، ولا هي مجرد بناء مسبق كما هو الحال بالمذهب الذري السائد يومئذ او بعالم غير مستقر .

ويعتبر عمل لينز (Leibniz) ، مع مبدأ اللامتناهيات ، دعوة الى المراقبة الدقيقة ، والى وعي تعقيدات الواقع . ان معنى هذا التعقيد قد خفي على ديكارت . وبهذا المعنى كتب لينز Leibniz في كتابه «انيمادفرسيون» (Animadversiones) عن خصمه الكبير ، انه « اعتبر كاشياء ثابتة ، اموراً غير مؤكدة اطلاقاً ، فهو يضلل القارئ السهل بإيجازه التحكيمي » .

ومالبرنشر (Malebranche) لاحظ أيضاً أن عالم السيد ديكارت (Descartes) « أجمل من أن يكون واقعياً » . أن ماكينة العالم هي اكثر تعقيداً بكثير من ماكينتنا ، بل حتى من هذه الماكينة الكونية التي ننصو : « ان الطبيعة ليست على الاطلاق مجردة ؛ والأمخال والدواليب في الميكانيك ليست خطوطاً ودوائر رياضية ... نفترض مثلاً أن الكواكب ترسم بحركاتها دوائر واهليلجات منتظمة تماماً . وهذا غير صحيح على الاطلاق » . لقد تجرأ كبلر (Kepler) ، وحطم سحر الدائرة ، فرأى المدار

الاهليجلي للكواكب . وتحرر الفكر من الخرافة بفضل الجيل السابق ، فبدأ الآن يكتسب التعلق بالدقة ؛ لقد ادرك مالبرنش (Malebranche) ان هذه الاهليجات ليست كاملة ، وفسر نيوتن لماذا لا يمكنها ان تكون كذلك فعلاً .

لقد أخذ العلم الناشئ يبين له ، « سمبليسيو » (Simplicio) ان « الأرض العنصر » لم تكن الا مفهوماً اجتماعياً محققاً . ومع الزمن تبين هذا العلم انه بذاته ، حتى في معادلاته الرياضية ، قد حمل الكثير من العناصر التي يتوجب تحليلها بدورها . وعندما بدأ عصر الملاحظات الدقيقة : تجارب مالبرنش (Malebranche) ونيوتن البصرية ، القياس الدقيق لخط الهاجرة (1671)، تغييرات في الجاذبية الارضية (1673) ، الملاحظات الجيولوجية لليبنيز (Leibniz)، الخ . واخذ العلم يسلك مساراً حديثاً حقاً .

عالم الميكروسكوب - قد نعجب في هذا الجو كيف ان اعمال لونهوك (Leeuwenhoek)، وان اثاره الفضول الكثير، لم تأخذ ، عند بناء علم العصر ، النصيب الذي تستحقه . ومع ذلك من فعل اكثر منه من اجل تقريب هذا الـ « ما وراء الادراك » ؟ .

لا شك أن روبر هوك (Robert Hooke) قد فتح له صفحات «التسويات» والترانزاكيون (Transactions). الا انه قدم ضد نظرية الجيل الآتي العفوي الفجائي ، التي لا يجب ، وقائع مهمة ، الا ان النظرية القديمة ، المهزوزة سابقاً بفعل ريدي (Redi)، لم تتأثر . ولكن لونهوك-Leeuwenhoek كان على طريق اكتشاف الميكروبات ، ولكن لم يقم اي احيائي بأخذ الاستنتاج . ان الاكتشاف الرئيسي للحويينيات (Spermatozoides) لم يؤد إلا الى احياء الخصومة بين التكوين المسبق (بالكامل) والتكوين على مراحل (التكون التطوري) . واذا كان لا بروير (La Bruyère) الفرنسي قد فهم ان اعمال لونهوك (Leeuwenhoek) وموامردام (Swammerdam) تعطي في النهاية معنىً محدداً للابحاث التقليدية حول العثة (آكلة الثياب) فان العلماء المتفرغين ، بامتناء هوك (Hooke) وليبنيز بالتأكيد - وهو فيلسوف « الادراكات الصغرى » - قلما ادركوا المدى العام لهذا النهج .

واحد اسباب هذا القشل النصفى يقع بدون شك على لونهوك (Leeuwenhoek) بالذات ، الذي كان عصامياً موهوباً ولكنه قليل الاطلاع على المسائل الكبرى . وهناك سبب آخر ولا شك . وكما قال باكون (Bacon) : ان ادراك المحدد يتطلب تعلماً طويلاً . ويتطلب ايضاً الجرأة . والتجريبية التي اخذت تسود بعد موت ديكارت ، لم تعرف كيف تتجراً . في بداية القرن طرحت الصور الجديدة التي قدمها التلسكوب مشكلة ميتافيزيكية حقة : ماذا يعني هذا الانتقال « من اللا وجود الى الوجود » ، فيما يخص اشياء لم تكن من قبل مرئية ؟ وقد ضايق هذا الامر غاليلي نفسه حيث تبين صعوبة التنسيق بين هذه الاشياء الجديدة التي استخرجت من العدم حقاً ، وبين موضوع الادراك المباشر الذي كان حتى ذلك الحين الكائن الموجود لوحده . المسألة لم تعد تطرح بعد سنة (1650). على ان الانتقال من المتناهي الصغر الى المعطى المعتاد يبدو اسهل في مجال الافكار الخالصة - فيزيائية كانت ام ميتافيزيكية -

اسهل مما هو عليه في مجال الملاحظة والرصد . شئ لوينهوك (Leeuwenhoek) اذا كان قد شاهد الذرات ، وبناء على جوابه السلبي تركه المنظرون في مواجهة تجاربه . اذ لم يكن احد بعد قد تصور طول الطريق الباقية ! كتب كلود دوبل (CL.Dobell) يقول : « تمتلك البشرية المعطيات الضرورية ، كما تمتلك ايضاً - كالمعتاد - الفرضيات الملائمة : ولكن مجرى التاريخ بين ان المعرفة وان الافكار تضل ابكر من غيرها » .

لا شك ان الفكر العلمي قد نضج بين ديكارت ومالبرنش (Malebranche) ونيوتن ، الذي رتب مبادئ الفيزياء على اساس المعطيات الجديدة . ولكن الجنى كان ضخماً مثل جنى الميكروسكوبيين ولذا بقى تقريباً غير مستثمر بكامله .

VI - ميكانيسم وديناميسم أو الآلية والحركية

كل المدرسة الجديدة ارادت ان ترى في الطبيعة آلة عجيبة . لقد طردت الارواح والقدرات من الاشياء . كما طردت الحياة من الحي ايضاً ، كما لاحظ ذلك جورج كانغيلهم (G.Canguilhem) . واجراً التعميمات في هذه المدرسة ، هي ، من غير منازع ، نظرية الحيوانات الالات . ولكنهم بهذا كانوا يحررون الفيزياء من الصور الإحيائية ، فأسسوا علماً حياً أياً أدى خدمات جلة .

في القرن السابع عشر ، لم تتناول المناقشات هذا المنهج الكلي الجماعي الذي كان ، حسب ما يقال ، مقبولاً لدى جميع العلماء . ولكنهم ذهبوا بعناد يتناقشون من اجل معرفة ماهية العناصر التي بنيت منها هذه الآلة فعلاً .

الجيو مترية الديكارتية المسرفة - ان الميكانيسم الديكارتى ، بحكم انه ديكارتى ، ذهب بهذا الشأن مذهباً خاصاً جداً . فقد تصور ديكارت ، وبقدر استطاعته ، العالم وكأنه ترتيب مجسد اي جيو مترية . من هنا تماهاته بين المادة والاتساع . وجهله بفكرة الهيرول او الكينونة ، والغموض الذي كان يحيط بفكرة الثقل النوعي (الى ان جاء بويل Boyle) سهلاً على ديكارت فضلاً عن ذلك تعريفه للجسم بابعاده فقط : « ليست الجاذبية ولا الصلابة ولا الالوان ... هي التي تشكل طبيعة الجسم بل اتساع مداه فقط » (المبادئ 4, II) .

ولكن هذه « الابعاد » تظل في حركة دائمة ، ولهذا توجد ظاهرات ويوجد عالم . لقد وضع الله في العالم كمية ثابتة من الحركة - واعتقد ليبنيز (Leibniz) أنه اكتشف هنا « خطأ تاريخياً عند ديكارت » .

هذه الحركة ، اين تكمن وكيف تنتقل ؟ .

وكردة فعل ضد الفيزياء القديمة ، وايضاً كتكوين فكري خاص ، اظهر ديكارت (Descartes) كرهاً لا يقاوم ضد كل ما يمكن ان يشكل قوة « فضيلة » كامنة في الجسم . ان الجسم ليس له بذاته الا بعده فقط . اما ثقله النوعي ، فهو الدفع الواقع عليه من المادة اللطيفة . وايضاً يمكن القول انه يتلقى

هذه القوة ؟ لان الجسم النموذج ليس له أية مطاطية ؛ ان صلابته هي الجمود ؛ جمود الجسم الجيومتري (المحكوم بقانون الارض) .

ومبدأ نسبة الحركة التي اثبتت نفسها منذ غاليل ، انتهى عند ديكارت الى اقصى نتائجه . لا شك ان ديكارت قد استطاع ان يذهب في هذا المظهر من نظريته الى اقصى الحدود ، لكي يفسر بحذر كيف ان الارض يمكن ان تكون ساكنة داخل دورانها العنيف . ولكن في الاساس كانت هذه العقيدة مفضلة عنده ؛ فهي تنهى « انهاك » الظواهرات ، والمثال بالنسبة اليه يكمن في اعتبار ماكينه العالم وكأنها مصور ضخم حسن التفضل او الترتيب .

ومماهاة المادة بالاتساع تقتضي عدم وجود فراغ . لان الفراغ سوف يكون « امتداداً بدون امتداد » . كما يقتضي عدم وجود ذرات لان الذرة هي « امتداد غير مرئي » .

ولكن وبالتأكيد ليس العالم صورة مرسومة . من هنا المادة اللطيفة ، « والقوة في السكون » و « الفعل الذي ينقل » ، ومنه ايضا الميكانيك الذي ، كما يقول ر. دوغاس (R. Dugas) ببراعة « حركية الصدمات حركية تجعل من العالم لعبة بليارد ضخمة » . ان ديكارت يلتمس هنا مفهوم الهوى عندما يكتب بان « كلما احتوى الجسم مادة كلما ازداد جموده الطبيعي » . واذا كان قد قرر : « ان الله هو اول سبب للحركة » فان الحركات الخاصة تبقى محكومة « بقوانين الطبيعة » ، وهذا يعني العودة الى الاسباب الثانية .

وبقي ان هذه الجيومترية الاساسية سوف تكون « الخطيئة الاصلية » . ولكن كم هي خصبة ، - في الديكارتية (آ. كوارى) (A. Koyré) ، انها افلاطونية الخاصة به ، صورة آله يهندس الارض ، بنى رسمة حلوة واعطى ، أخذائاً للأشياء ، للصور حركات تنقلية ، حركات تتواصل بين رسمة ورسمة ، ولكنها « مقيمة » أقل ما يمكن في كل من هذه الرسومات . وتجاه الواقع اضطر ديكارت الى الالتواء والانحراف ولكن هذه الرسمة هي التي حفظها عنه معاصروه وخلفاؤه المباشرون : اثنا مالبرنش (Malebranche) وهو يناقش بالعرضية العقوية لم يكن يقصد أبداً البعد عن ديكارت . وليبنز (Leibniz) عندما أعطى للأشياء القوة ، وكذلك نيوتن ، كانا يعرفان انها يهدمان كل فلسفة ديكارت .

سكان الفضاء - كان لا بد ، في ظل العالم الصورة المرسومة ، العودة الى البحث عن القوة ، كما هو الحال عند القول بالحيوانات الماكينات ، اي العثور على الحياة .

والتكنيك يتقدم . وسوف يتم ايضاح ماهية هذه القوى السكونية والحركية التي تركها ديكارت في الظل . والتفكير بالاولى اي بقوى الراحة يؤدي الى استخراج مفهوم الهوى ، كما يؤدي من جهة اخرى الى دراسة منهجية الظواهرات المطاطية : ان الجسم المطلق الجمود لا وجود له عند ديكارت ؛ ان الجسم يقاوم وينقل الحركة لان له بنية ولانه يعمل مثل « الزنبرك » . اما بالنسبة الى الآخرين ، فسرعان ما نعلم ، مبتدئين بهويجن (Huygens) ، ان القانون الديكارتى الثالث حول الحركة هو خاطيء : لان ما يحفظ في أغلب الاحيان ليس الحركة ، بل القوة الحية ، اي في المنظور الليبنزي ، نوع من « الفعالية » في المتحرك .

وعن طريقين مختلفين ، تم التخلي عن الجسم الجيومترى الديكارتي ، لقاء اعطاء الاشياء نوعاً من « الحميمية » أي « الذاتية » .

وهكذا لا يردُّ « سكان الفضاء » بحسب الفكرة التي كونها لينز هو أيضاً عن ديكارت ، الى « مسألة » المضمون المكاني (Impletio spatii) ، الى « الناقل المكاني » (Mutatio spatii) . ان الفيزياء الحقة ليست حركية الصدمات بل هي « ديناميكية » (نظرية تفسر الكون بلغة القوى وتفاعلها) .

ولكن اية فكرة سوف تتكون عن القوة ؟ لقد كان طابع ديكارت عميقاً الى درجة ان العلماء الذين تلوهُ - لو توجب عليهم بحكم الضرورة ان يُحيُوا القوة - لاسقط في أيديهم جميعاً ، عندما يقتضي الامر تحديد « الحقيقة » .

لينيز والعودة الى فكرة القوة - لقد كانت المخاطرة اكيدة هنا ، فقد كان العهد قريباً بالقوى او « الفضائل » نصف النفسانية التي كانت في الفيزياء القديمة . خطر لم يتجنبه لينيز ، ان لم يكن في فيزيائيه ، فعلى الأقل في فلسفته . ان الصورة المحركة في كل نظامه كانت صورة « الادراكات الصغرى » ، نقل فلسفي للحساب المتناهي الصغر ، والتي تلعب بالنسبة اليه دور صورة الصدمة في النظام الديكارتي . ولكن هذه الصورة ، للاسف ، لم تعد فيزيائية بل سيكولوجية .

توجد كل الدرجات بين الادراك الواعي والادراك غير الواعي ، الذي هو درجة متناهية الصغر من درجات الوعي . والقوة فيزيائية كانت ام سيكولوجية ، فهي دائماً عفوية ، وحميمية وتوجه نحو المستقبل ، وغائية . انها (أي القوة) تحدث في كل مكان « تغييرات » بالمعنى المدرسي للكلمة ، تغييرات تربط الحركة المحلية بتحقيق نوعي وغائي . لقد قلب غاليلي وديكارت التعابير ، ولم يعرفا في الفيزياء الا الحركة المحلية . ان التغيير يمثل تعددية في الوحدة . وهذا التمثيل ليس شيئاً آخر غير ما نسميه « الادراك » . ان لينيز قد اخذ على الديكارتين اهم رفضوا القول بوجود « روح عاقلة ونفس » في الحيوانات ، ولكنه هو نفسه صوف يجد حتى في الاشياء ، مذ أن لها وحدة ، نوعاً من الروح . انه بحث للاشكال الجوهرية : « لقد وجدت اذاً ان طبيعتها تقوم على القوة ، وان عن هذا ينتج نوع مماثل للحس وللشبهة ؛ وهكذا يتوجب تصور الاشكال الجوهرية على شاكلة المفهوم التكون لدينا عن الانفس » .

ان القوى المادية ، كالقوى الروحية ، تتضافر من اجل تحقيق « الانسجام الاول » مما يتيح إعادة الغائية الى العلم . وهكذا يبني لينيز ، حول فكرة القوة الحية ، ميتافيزيا روحانية .

واذا كانت اكتشافات الفيلسوف التقنية ، تضعه في مصاف عظماء العلماء ، فان تأثيره يوشك ان يفسد صفاء الفكر الجديد العلمي . ولكن الفكر العلمي يعرف كيف يدافع عن نفسه ، وبالواقع كما يقول ر. دوغاس (R.Dugas) لقد ساهم لينيز « في جعل فكرة القوة ، في نظر الميكانيكيين اليديويين ، فظيعة مخيقة » .

الدينامية عند نيوتن - أظهر نيوتن كثيراً من الحذر . فمن أجل إعادة القوة الى فيزياء ما بعد ديكارت اكتفى بالالتزام بالوقائع : واقعة المغناطيسية ، التي سبق لجليبرت وغاليلي ان اثارها ، واقعة الجذب والدفع الكهربائين ، المعروفين اكثر بعد اوتودي غيريك (Otto de Guericke) ؛ قوة البعد عن المركز ؛ الجاذبية الارضية ، التي سوف تُرَدُّ اليها جاذبية الكواكب ، موحداً بهذا العمل ، الفيزياء السماوية والفيزياء الارضية . ومن المحال تكوين فيزياء بدون هذه القوى الموجودة في كل مكان . وكان نيوتن من القائلين بالذرية مثل غاليلي وهويجنس (Huygens) . ان الاجسام الحقة ليست بمعزل عن بعضها البعض ؛ كما هو حال الاجسام الجيومترية عند ديكارت . ولكن « جزئياتها الصغيرة » تعمل بعضها ببعض ، « بفعل جذب الجاذبية الارضية ، وبفعل المغناطيسية ، وبفعل الكهرباء » وقد يكون هناك قوى اخرى جذابة نحن لا نعرفها (اوبتيك ، كيري (Query) 31) .

كانت السمّة الديكارتية قوية وظلت كذلك حتى انها لم تمنح الى المزيد لكي تطلق العواصف . فقد انتفض نفسه ضد « قوة الجذب » (Vis Attractiva) واطلق ضد نيوتن مقالة « آنتيباربوس فيزيكوم » (Antibarbarus) ، ضد « إعادة احياء الصفات المدرسية والقوى الاوهامية » . حتى هويجنس (Huygens) وهو من القائلين بالدينامية ، رفض القوة الملتبسة التي قال بها لينينز (Leibniz) كما رفض قوة الجذب التي بدت له « تضليلاً » . اما مالبرانش (Malebranche) ، فقد أعلن ان العلماء يقعون في السخف ان هم افترضوا حركات جذب وقدرة جاذبة لكي يفسروا لماذا تتبع العربات الخيول التي تجرها .

وحتى عند نيوتن بالذات ، نشعر بضيق انسان عصره تجاه مجموعة من المصطلحات لم تتوضح بعد . على العالم ان يفترض هذه القوى فهل هي حقاً حقائق واقعية ؟ ظاهرياً هو متردد . فهو حتى مثل خصومته الديكارتيين ، لا يقبل بالعمل ، من بعيد ، بين جسم وجسم . ان الجذب والدفع لها سبب لا يكمن في هذه الاجسام بالذات . ولكن ليس للفيزيائي ان يهتم بالامر . ولهذا فقد ذكر في المقطع من « اوبتيك » الذي اوردهنا موضحاً في الحال : « انا لا اتفحص هنا ما هي اسباب هذا الجذب الممكنة . . . انني لا استعمل هنا هذه الكلمة جذب الا لاقصد على العموم قوة ما ، بها تنزع الاجسام نحو بعضها البعض ، مهما كان السبب » . وفي بداية « المبادئ » (Principia) كتب يقول انه يعتبر هذه القوى « رياضياً لا فيزيائياً » . ومع ذلك ، وفي « السكوليوم جنرال » (Scholium generale) ، لم يستطع التسليم بانكار كل حقيقة « فيزيائية » لهذه القوى التي بدونها لا يمكن بناء الفيزياء . « ويكفي ان تكون الجاذبية الارضية موجودة حقاً ، وانها تعمل بحسب القوانين التي عرضناها ، حتى تكفي [لتشرح] كل حركات الاجسام السماوية وحركات بحرنا » . وهكذا بدت القوى الجاذبة « حقائق » بمقدار ما انها تستخدم بالايجاء (Par induction) لتفسير الأحداث . انها ليست اسباباً بالمعنى الميتافيزيكي للكلمة . وهي ليست أيضاً مبادئ ضرورية بمعنى المبادئ الديكارتية لسنة 1644 ، وهذا ما يُقصدُ كتاب « الفرضيات غير الملموسة » (Hypotheses non fingo) .

هذه القوى ذات الطبيعة ، أو ذات السبب ، الذي يتجاوز الفيزياء ، تتضافر مع ذلك ، لتشكل

كلًا منظماً ، هو العالم . ان الدينامية كمبدأ اتاحت للينيز ، كما لنيوتن ، ان يعيد الغائبة الى الطبيعة ، وان يعثر على الله (خالق الكل Pantocrator) في الفلسفة الطبيعية اي في ذروة الفيزياء . وقد عرضت الميكانيكيسمية الديكارتية كخميرة الحادية . وقد يراودنا الاعتقاد بان تردد نيوتن في اعطاء « واقع » لهذه القوة ، التي هي مع ذلك معطى اكيد بالنسبة الى المجرب ، انما كان ببساطة من اجل السعي الى العثور - دون توفيق - على التمييز الكانتي بين الواقعية التجريبية والمثالية المتعالية . ومن الافضل ان يقال انه بالنسبة الى نيوتن ، وهو ذوروح عميقة التدين ، يبدو العلم والميتافيزيا متلازمين متضامنين

مالبرانش Malebranche - ولكن مالبرنش سبق ان ذهب الى ابعد في تكوين علم مستقل . انه يعرف تماماً انه من الواجب عند ديكارت اصلاح فيزياء الصدمة ، وقوانين الحركة وانه يجب قبول دور القوة الحية . ولكنه يبقى ، بدون جدال ، ديكارتيًا ، حين يرفض بأن يزج الفيزياء في ميتافيزياء القوة وفي ميتافيزياء السبب عموماً . كتب نيوتن يقول انه « يقبل بالجذب بمقدار ما يظهر في الاحداث مهما كان سيها » . ولكن هذا النسب يبقى موجوداً بالنسبة الى العالم النيوتني ويؤدي به الى لاهوت « تيولوجيا » « السكولوم جنرال » (Scholium generale) . وتبدو عبارة مالبرنش (Malebranche) أكثر تحذراً حين تقول : « ان القوانين تبدو فعالة ، فهي تتصرف ، اما الاجسام فلا تتصرف » . فهي بهذا تعطي صيغة الرضعية العلمية ، وتقبل بشرعة الواقعية التجريبية . الميتافيزيكي عنده الاسباب ، والعالم عنده القوانين ، والقوانين فقط .

لا شك ، كما نرى ذلك مايرسون (Mayerson) ان العالم ، في ظل « القانون » المالبرنشي ، يبحث دائماً عن « الجسم » النيوتني ، ويبقى ان « الظرفية » [« الفرضية »] كانت في القرن السابع عشر شكلاً من الفكر العلمي الشديد الجدة والشديد « الحدائة » .

فالظرفية ، اذا طبقت على مسألة علاقات الروح بالجسد ، فهي تعطي صيغة التوازي السيكلوجي - الفيزيولوجي ؛ ان العلم يبدو وكأنه استخلاص (Synthèse) مجالات علمية مستقلة . كل مجال منها يتلام مع سلسلة من الاحداث ، انما يجب ان تتضافر كلها للالتقاء لان هذه السلاسل المتنوعة في الطبيعة « لا تشكل معاً الا كلاً بجملاً » : اما في الفيزياء ، فان الصراع بين القائلين بالآلية (mécanistes) والقائلين بالدينامية او القواتية ، سوف يهدأ في القرن التالي ، حول حلول اقترحها مالبرنش .

من جيلبرت الى نيوتن - ان الكلام باطلاق عن الروحية العلمية وعن المناهج العلمية في القرن 17 يعني تجاهل تنوعها المدهش وتقدمها المستمر . لقد بدأ القرن بالامل الباكولي وكتاب جيلبرت « دي ماغنيت » (De magnete) الذي سوف يثير اليه باكون (Bacon) نفسه في بحث ما زال موسوماً بفيزياء الاشكال . وقد ألحت الحاجة من أجل التفهيم الى خلق اطار توضع فيه ملاحظات كانت يومئذ ما تزال متناثرة ونادرة . فبين « المجموعة الفيزيائية » التي ظلت تحتفظ بالصفة الارتجالية الموسوعية

من القرن 16 ، وبين المختبر ، كما هو الحال بين « دي ماغنيت » و « المبادئ » (Principia) النيوتنية لسنة 1678 يقع البناء الغاليلي و « المسبق » (Apriori) الديكارتي . وبدون كل هذا ما كان شيء ليكون . لقد حاول ديكارت عملاً عظيماً ولكنه كان كثير التهاؤل . وهنا أيضاً يبدو التطور مدهشاً بين الانكسار الضوئي (Dioptrique) سنة 1637 مع هذا النور الذي يشكل « عصا » أي خطأ هندسياً ، وفقاً للمثال « العالم صورة » وبين (Opticks) أوبتيك [= بصريات] سنة 1704 ، حيث يتقدم العالم خطوة خطوة وهو يراقب ويمجرب . ولكن المراقبة والتجريب ينتظمان بعد الآن - وأولاً في المبادئ - حول تعاريف ، اطرها الجامدة والواضحة تدل بان المجلوب الجديد ، هذه الافلاطونية الرياضية ، المصممة في فلورنسا او في الاقامات التجوالية في هولندا ، لن يتسنى ابداً . وقد وجد مثل هذا التطور ، انما بصورة اكثر سرية ، في مجال علم الاحياء (بيولوجيا) ، بين موسوعة الدروفاندي (Aldrovandi) ومعالجات جون ري (John Ray) . ان العلوم المحددة ، المشجعة والموجهة بفضل تقدم الفيزياء ، اخذت تتكلم لغة وضعية ، ان الطريق قد وجدت والباقي لم يعد الا مسألة وقت ونضج .

الكتاب الأول :

العلوم الرياضية والفيزيائية

الفصل الأول :

من الجبر الرمزي إلى الحساب اللامتناهي

De l'Algèbre symbolique au calcul infinitésimal

لا يمكن درس تقدم العلوم التجريدية في القرن السابع عشر دون أن نشير الى رابطها القوي بالعلوم الطبيعية .

والعلماء اصحاب الفكر التحليلي امثال فيات (Viète)، وفرومات (Fermat) أوديكارت قد اهتموا ، لا لاسباب مادية ، بل بحجة منهم ، أما لعلم الفلك - وبهذا بدأ فيات (Viète) - أو بحجة بالميكانيك أو بحجة بالابوتيك أو علم البصريات .

ورجال من أمثال غاليله وكبلر (Kepler) قلما درسوا الرياضيات بذاتها الخالصة ، لعبوا مع ذلك في تطويرها دوراً من الدرجة الاولى . من ذلك ، ونعطي مثلاً وحيداً ، ان الاكتشافات الفلكية التي اكتشفها غاليله - اكتشافات 1610 بفضل استعمال الناظور - سوف تخلق نوعاً من الولع تجاه الدراسات البصرية - وخاصة انكسار الضوء - كما سوف تحمل على قراءة على تأمل (Ad Vitellio nem Paralipomena) وهو كتاب دونه كبلر (Kepler) سنة 1604 ، او كتابه انكسار الضوء (Dioptrice) في سنة 1611 . وهذا أدى الى العودة الختصة الى دراسات قطع المخروط مما أثر بصورة عميقة في اعمال ديكارت وغيره .

واذا نحن خصصنا فصلاً بالرياضيات المحضة ، فيجب ان لا يغيب عن ذهننا ما في هذا الاسلوب من تصنع ، والتذكير دائماً ان اي وسط علمي يشكل كلاً منتظماً ، يكون من الخطر تقسيمه عن طريق تحليل مختلف مظاهره .

I - تجديد العلوم الجبرية

علم المثلثات او التريغونومتريا - نحن نبدأ دراستنا بعلم المثلثات الذي له علاقات وثيقة بعلوم الطبيعة ، وبالاسترونوميا او علم الفلك وبالاوتيك او علم البصريات ، وازدهار علم المثلثات تم في القرن السادس عشر المنتهى ، وفي النصف الاول من القرن السابع عشر . فقد قام فرانسوا فيات (Viète) (1540 - 1603) وهو رجل قانون وملاحق دعاوى ، بنشر قانون الرياضيات Canon .

Mathematicus سنة 1579 ، وقد دامت طباعته ثماني سنوات وفيه جدول بالعلاقات التريغومترية مستكمل بقسم نظري :

F. Vietaci universalium inspectionum ad Canonum Mathematicum liber
. singularis

وبدل الترتيب الموفق للقواعد ، وفقاً لجداول واضحة جداً ، على بواكير العلامات الجبرية المستقبلية لدى مؤلفه . ومن جهة أخرى ركز فيات على فوقية القسمة العشرية بالنسبة إلى القسمة الستينية .

لا شك أن بناء الجداول قد ارتبط بضرب وبقسمة الاقواس الدائرية ، حيث وجد فيات (Viète) ، في مدى حياته موضوعاً مفضلاً عنده . لا شك أن آخرين سبقوه في هذا الطريق . كما أن تلامذته كانوا متعددين ومنهم جوست برجي (Jost Burgi) (1552-1632) . واشهر تلامذته ربما كان ادريان فان رومن (Adriaan van Roomen) (1561-1615) الذي كان استاذاً شهيراً . وفي سنة (1593) طرح فان رومن (Van Roomen) على كل الرياضيين في العالم المسألة التالية :

« إذا كان الحد الأول من سلسلة هو بالنسبة إلى الحد الثاني كنسبة : 1 (1) إلى

$$45 \text{ (45)} - 945 \text{ (41)} + \dots + 7811375 \text{ (9)} - 1138500 \text{ (7)} + 95634 \text{ (6)} - 3795 \text{ (3)} - 1 \text{ (1)}$$

وإن الحد الثاني محدد ، اوجد الأول . » مثل : الحد المعطى هو :

$$R. \text{ bin. } 2 + R. \text{ bin. } 2 + R. \text{ bin. } 2 + R. 2.$$

$$\text{والحل. } R. \text{ bin. } 2 - R. \text{ bin. } 2 - R. \text{ bin. } 2 + R. \text{ bin. } 2 + R. \text{ bin. } 2 + R. 3.$$

وبالتقديم العصري - استعمل فان رومن (Van Roomen) هنا ترقيمات ستيفن (Stevin) - المهم

$$\text{حل المعادلة : } x^{45} - 45x^{43} + 945x^{41} - \dots + 45x = a$$

$$\text{هنا } a = \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2}}}} \text{ و } x = \sqrt{2 - \sqrt{2 - \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{2 + \sqrt{3}}}}}}$$

وقد وجد فيات (Viète) الحل العام [عندما تكون $a \leq 2$] : (Ut legi, utsolvi) والمعادلة

المقترحة بشكل نسبة من قبل خصمه مترجم المسألة كما يلي : في دائرة شعاعها 1 ، إذا كان مستقيم القوس معيّن ، اعثر على المستقيم الواقع تحت جزئه إلى 45 .

وكان للجواب الصاعق « لا مبر الهواة » في عالم العلماء دوي ضخم .

والحالة التي يكون فيها الثابت a أعلى من 2 ، حلها فرمات (Fermat) في رسالة أرسلها إلى

كريستيان هويجن (Christiaan Huygens) ، بالمقارنة مع حالة المعادلة من الدرجة الثالثة . فقد بين

فيات (Viète) بهذا الشأن ، وتبعه في ذلك البير جيرار (Albert Girard) ، ان كل معادلة في الدرجة الثالثة ترد الى القطع الثلاثي للزاوية ، والى دمج متوسطين هندسيين . وهنا ، بالنسبة الى الدرجة 45 ، نعود ، عندما تكون : $2 > u$ الى ادخال $4 - u$ متوسطاً .

ومن المعلوم ان فيات (Viète) ، وهو يجيب على فان رومن (Van Roomen) ، اقترح عليه بناء دائرة تماسية مع ثلاثة دوائر معينة . وقد عمم حل فيات (Viète) ، فيما بعد ، من قبل فرمات ليشمل تماس الكرات ، ومن قبل باسكال (Pascal) بحيث شمل تماسات المخروطات .

أما حل رومن (Roomen) ، وقد أخذ عليه فيات (Viète) انه لم يكن «مسطحاً» ، فقد رد ، من قبل نيوتن الى بناءات بواسطة المسطرة والبيكار .

وهناك مشكلة أخرى يمكن ان ترتبط بحساب الجداول التريغونومترية والتي اثارها حماس الاوساط العلمية في ذلك العصر ، الا وهي مسألة حساب «بي» π أو تربيع الدائرة . واندفع عدة مربعون طوباويون في هذه المغامرة دون أن يكونوا على علم كافٍ بالنظريات . ويمكن أن نذكر من بينهم : جوزيف سكاليجر (Joseph scaliger) (1540 – 1609) الذي اسكنه رومن (Roomen) وفيات (Viète) وأجراه على الالتزام بالتواضع والانضباط . وكذلك سيمون دوشن (Simon du chesne) ، وفان در ايك (Van der Eycke) ، وهو مهندس من مدينة دول . وقد وقع هو ايضاً في الاخطاء القادحة التي اكتشفها اديان انطونيز (Adriaan Anthonisz) (1543 ? 1620) - والد اديان ماتيوس (Adriaan Metius) (1571 – 1635) - ولودلف فان سولن (1540 – 1610) (Ludolph van ceulen)

لقد حسب فيات π الى 10 أرقام عشرية صحيحة . وبدأ لودولف (Ludolph) حساباته سنة 1586 ، متبعاً طريقة ارخيدس (Archimede) بعد تكيفها مع التوقيت العشري . وقد اتاحت النتائج الاولى التي حصل عليها ، لادريان انطونيز Adriaan Anthonisz ان يثبت ان π تقع بين $3 \frac{15}{106}$ و $3 \frac{17}{120}$ وان يستنتج من ذلك التقريب الممتاز المسمى تقريب ماتيوس $Metius : 355/113$.

وفي سنة 1593 قدم فان رومن Van Roomen 15 عدداً عشرياً صحيحاً . وفي سنة 1596 قدم لودولف Ludolph 20 عدداً ، وبعدها قامت أرملته بنشر تقريبه ، في سنة 1615 حيث بلغ 32 عدداً عشرياً كلها صحيحة .

وفي سنة 1593 ترجم فيات Viète أساليب التقريب القديمة بأول ألفوريتم لانهايت معروف : فقد مثلت علاقة المربع بالدائرة المحيطة به $(2/\pi)$ بالحاصل اللاحدود التالية :

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{2} \dots}}} \quad \text{حيث كل عامل } f_n \text{ مستخرج من السابق بالمتكرر} :$$

$$f_n = \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} f_{n-1}}$$

ان تقنية ارخيدس المملة قد حسنت بملاحظات بارعة قام بها فيات (Viète) وسنيل (Snell) ،

وكان لهذه الملاحظات نتيجة في كتاب هويجنس (Huygens) الصغير : - de circuli magnitu- (1654).
dine inventa هذا الكتاب يسكر حقبة ارخيدس حول تربيع الدائرة ويفتح الحقبة الحديثة بالمعادلة
غير المحدودة التي قال بها فيات (Viète).

وفي مجال التريغونومتريا الكروية وضع فيات (Viète) الصيغ المسماة : « مشاهبات نيبر »
(Néper) واستعمل المثلث القطبي . وقد حسن ويل برور سنيل (Willebrord Snell)، اوسنيليوس
(Snellius) (1581 - 1626)، الذي قاسم ديكارت اكتشاف قانون انكسار الضوء ، حسن استعمال
المثلث القطبي .

ومن جهة اخرى حمل التراث البصري عند ويتلو (Witelo)، حمل هاريوت (Harriot) وبريكرز
(Briggs) والبير جيرار (Albert Girard) وكفاليري (Cavalieri) على دراسة مساحة المثلث الكروي،
التي كان ويتلو (Witelo) قد اشار اليها كمقياس للزاوية المجسمة . واذا كان الجميع - وقد سبقهم
شارح مجهول للعالم في البصرييات ، من القرن الثالث عشر ، ربما كان ريجيو مونتانيوس
(Regiomontanus) - قد عرفوا نسبة المساحة ، الى التجاوز الكروي او تجاوز مجموع الزوايا ،
لزاويتين قائمتين، فإن كافاليري (Cavalieri) هو الذي قدم تبياناً شبه كامل تقريباً .

الجبر الحروفي - حاول فيات وهو الضليع في جيومترية الاقدمين وكذلك في جبر القرن 16 ،
ان يعثر على اسلوب البحث والتحليل عند الجيومترين الاقدمين ، واعاد تكوين كتاب التماس
لابولونيوس (Apollonius) في كتاب ابولونيوس غالوس (Apollonius Gallus) (1600) . وبذات
العقلية اصدر سنيل (Snell) سنة 1608 ابولونيوس باتافوس (Apollonius Batavus) حول مقطع
السطح والمقطع المحدد . ونشر م . غيتالدي دي راغوس (M. Ghetaldi du Raguse)، تلميذ فيات
(Viète)، الضليع في تحليل الاقدمين ، من بين كتب اخرى ، سنة 1607 ، كتاب ابولونيوس
رديفيوس (Apollonius redivivus) تأليه (Divination) لكتاب الانحرافات .

وعمل الاكتشاف الحديث لاعمال ديوفانت (Diophante) في الجبر، عمل الحافظ بالنسبة الى
أفكار فيات (Viète)، فقد اثبت هذا الاخير التشابه الاساسي بين مجال الجبر العددي عند ديوفانت
(Diophante) وكاردان (Cardan) تارتاليا (Tartaglia)، وبومبلي (Bombelli)، وستيفل
(Stifel)، وبين مجال التحليل الجيومترى ، الذي يبقى ضعيفاً داخل الشروحات المستخلصة من
أقليدس ، وارخيدس، وبصورة خاصة ، من ابولونيوس (Apollonius)، ومنها كتابات بابوس.
(Pappus) التي عثر عليها في هذه الاثناء (ط 1 1588) وكلها تعطي فكرة اكثر وضوحاً .

ولترجمة هذا التشابه ، اخترع « منطق الرمزي المصوه » أو فن الحساب على اساس الرموز او
الانواع ، التي تمثل الابعاد سواء الجيومترية ام الحسابية .

وقد قسم التحليل الى ثلاثة اقسام اساسية . وكان « منهج التحليل الاستكشافي » [زيتنيك] أو
فن البحث عن المسائل يقوم على اعتماد رمزية تتيح ، بأن واحد ، تسجيل الابعاد المجهولة والابعاد

المعلومة ، وشرح الروابط التي تجمعها ، ثم استخلاص المعادلة التي ، بشكل تجريدي ، تلخص المسألة المطروحة ، وبدا عندها التحليل الواعي (Poristique) الذي يدرس ، ويحول ويناقش هذه المعادلة . وقد حلّ أخيراً ، التأويل - أو التحليل التفسيري (Réthique) ، بعد العودة الى المسألة المحددة ، المعادلة ، اما بواسطة بناءات اذا كان الامر يتعلق بجيومترية ، او بحسابات عددية اذا كان الامر يتعلق بالحساب .

ونتعرف في هذه المبادئ على المناهج الخاصة بالرياضيات الحديثة التي أسسها فيات (Viète) ، بعد جهد ، ربما كان شاقاً ومغلقاً ، بالنسبة الى غالبية معاصريه ، الا انه جهد مبور بولدت تياراً في النصف الاول من القرن 17.

وقد دون كل المقادير التي تدخل في اية مسألة بواسطة احرف تاجية لاتينية ، اما احرف المد فتدل على الجهولات والصوتية تدل على المعطيات . وكان حجم كل مقدار مبنياً بصورة منهجية .

مثلاً ان المعادلة التي نكتبها بهذا الشكل : $x^3 - 3bx^2 + (3b^2 + d)x = c + db + b^3$ كتبتها فيات كما يلي :

$$\left. \begin{array}{l} E \text{ cubus} \\ - B \text{ in } E \text{ quadr. ter.} \\ + B \text{ quadrato ter} \\ + D \text{ plano} \end{array} \right\} \text{ in } E \left\{ \begin{array}{l} \text{aequabitur} \\ \left\{ \begin{array}{l} Z \text{ solido} \\ + D \text{ plano in } B \\ + B \text{ Cubo} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

من بين كتاباته ، التي اثرت تأثيراً كبيراً هناك : كتاب *Zeteticorum libri quinque* (1593) ، ترجمة فرنسية (1630) ، حيث استعيدت مسائل ديوفانت (Diophante) في تدوينات المنطق الرياضي الرمزي التسمويي ، وكتاب *De Numerosa potestatum purarum atque adfectarum...* (1600) . وفيه ظهرت أول طريقة منهجية لحل المعادلات عددياً . وكتاب : *De ac. quationum Recognitione* (1615) وهو كتاب اساسي بالنسبة الى نظرية المعادلات الجبرية ، وأخيراً كتاب : *In Artem Analyticam...* (1591) ومنه ترجمتان فرنسيتان سنة (1630) ، كتاب صغير حيث يجمع تحليل فيات (Viète) محدود ومعروض .

وعندما اخرج فان شوتن Van schooten ، سنة 1646 ، الطبعة الوحيدة الكاملة تقريباً ، لمؤلفاته ، كان تأثير الرياضي الكبير قد اعطى منذ زمن طويل ، جوهر ثماره ، ولم تعد له الا فائدة تاريخية فقط .

ويقاس هذا التأثير بصورة افضل عند مقارنة النتائج الحاصلة حول ذات المواضيع . من قبل تلاميذ فيات (Viète) : فرمات (Fermat) وروبرفال (Roberval) ومن قبل كافاليري (Cavalieri) وتوريشيلي (Torricelli) اللذين لم يألفا مناهج فيات . وبفضل ذات المهارة الجيومترية وذات المعارف

العامه ، سبق هذان الاخيران الى حد بعيد غالباً من قبل الفرنسيين او حتى من قبل بوغران (Beaugrand)، وهو تلميذ آخر لفيات (Viète) .

نظرية المعادلات الجبرية - ان اعمال الجبرين ، من القرن السادس عشر - وخاصة اعمال المدرسة الايطالية - المطلاعين بشكل فريد على تقنية فيات (Viète) ، هذه الاعمال الملخصة والمكثفة في كتاباته ، وبخاصة في كتاباته المنشورة بعد موته ، والتي نشرها اندرسون (Anderson) في باريس سنة 1615 ، قد اتاحت في القرن 17 ازدهار نظرية في المعادلات الجبرية ذات اهمية حاسمة .

من الصعب هنا توضيح ما قدمه كل منهم . في سنة 1608 اكد بيتر روث (Peter Rothe) على وجود (n) جذور في كل معادلة درجتها (n) . وسط هاريوت (Harriot) (1560 - 1621) في كتابه الذي نشر بعد موته سنة 1631 ، ترقيم فيات (Viète) . بعد تحفيقه من اعتبارات التناسق ، وبعد استبدال الحروف التاجية اللاتينية بأحرف صغيرة . وهكذا ابرز العلاقات بين المعاملات وبين الجذور .

وفي سنة 1629 ، جعل البير جيرار (Albert Girard) (1595 - 1632) من هذه العلاقات اساس النظرية . ولاعطاء هذه العلاقات كل عموميتها ، قبل الحلول السلبية ، وحتى الحلول الخيالية ، في معنى اكثر غموضاً ولكنه اكثر اتساعاً من المعنى الذي التزم به بومبيلي (Bombelli) سنة 1572 . فوضع نفس المبدأ الذي وضعه الاب روث (P.Rothe) .

وعندما نشر ديكارت سنة 1637 كتابه « جيومتريا » كملحق لـ « خطاب حول النج » ، عرض في الكتاب الثالث نظرية المعادلات الجبرية ، كما يفهمها . الا ان افكاره ، المشابهة جداً لافكار هاريوت (Harriot) أو افكار جيرار (Girard) بدت مستقلة عنها ، اما كتابه فيلخص اعمالاً مستقلة شخصية ، تعود احياناً الى سنة 1620 .

وهكذا تحدد الترقيم . وهو الترقيم الذي نتبعه نحن : حروف صغيرة ، والاحرف الاخيرة من الالفباء مخصصة للمجهولات ، ترقيم استثنائي مأخوذ عن ستيفن (Stevin) وبومبيلي (Bombelli) وشوكيه (Chuquet) ، انما مدموجة مع الترقيم الحروفي : x^3 ، a^3 ، b ؛ ثم اعتماد اشارة تساوي : x ، الخ .

أما المبادئ الاساسية فمعروضة كما يلي :

1- « ... في كل معادلة ، ومقدار ما تكون الكمية المجهولة ذات ابعاد ؛ بمقدار ما يمكن ان يكون فيها جذور متنوعة ... اذ ، مثلاً ، اذا افترضنا $x = 2$ أو $(x - 2)$ لا يساوي شيئاً ، وبعد ذلك $(x = 3 - 3)$ ، وبضرب هاتين المعادلتين : $(x - 2 = 0)$ و $(x - 3 = 0)$ ، الواحدة بالآخرى نحصل على :

$$(x^2 - 5x + 6 = 0) \text{ أو على } (x^2 = 5x - 6..)$$

ولكن في أغلب الأحيان ، يحدث ان بعضاً من هذه الجذور يكون خاطئاً أو أقل من لا شيء ؛ كما لو افترضنا ان x يدل ايضاً على عدم وجود كمية مثل 5 مثلاً ، فيكون : $(x + 5 = 0)$.

2- « ... نرى بالتأكيد من هذا أن مجموع معادلة تتضمن عدة جذور ، يمكن أن يقسم على ذي حدّين Biforme مؤلف من الكمية المجهولة ناقص قيمة واحد من الجذور الحقة ، الذي قد يساوي أو يزيد عن قيمة جذر من الجذور الغلط أو الخاطئة ؛ وهذه الوسيلة يتم انقاص احجام هذا المجموع ... » .

3- « ونعرف من هذا ايضاً ، كم يمكن أن يوجد من جذور حقة ومن جذور خاطئة في كل معادلة : فالحلقة تكون بمقدار ما هناك من علامات + و - في المعادلة تتغير كل مرة ، اما الجذور الخاطئة فتعادل المرات التي تتابع فيها علامتان + مع علامتين ناقص » .

4- « ... من السهل ان نجعل ، في نفس المعادلة ، كل الجذور التي كانت خاطئة تتحول الى صحيحة ، وبذات الاسلوب كيف تتحول الصحيحة الى خاطئة ، وذلك بتغيير كل الاشارات + أو - الموجودة في الموقع الثاني أو الرابع أو السادس أو غيرها من المواقع التي تعرف بالعدد المزدوج وانه وبدون ان نعرف قيمة جذور معادلة ما ، اذا اردنا زيادة هذه المعادلة أو انقاصها بأية كمية معروفة ، يكفي فيها افتراض حد آخر مجهول ، اكبر أو أصغر من هذه الكمية ثم احلال هذا الحد الجديد محل الاول وفي كل موضع » .

5- « ولكن ، ومن خلال هذا الاسلوب في تغيير الجذور دون معرفتها تمكن معرفة شيتين يكون هما فيها بعد بعض المنفعة : الشيء الاول انه بالإمكان طرح الحد الثاني من المعادلة المدروسة »

6- « ... والشيء الثاني ... هو بالإمكان دائماً ، عن طريق زيادة قيمة الجذور الحقة لكمية هي اكبر من اية كمية لاي جذر من الجذور الخاطئة ، جعلها لتصبح كلها صحيحة ، بحيث لا يكون هناك على الاطلاق علامتا + أو علامتا - متلاحقتان ، وعدا عن ذلك ان تكون الكمية المعروفة في الحد الثالث اكبر من مربع نصف كمية الثاني ... » .

7- « فضلاً عن ذلك ، من الممكن ، بدون معرفة قيمة الجذور الحقة في المعادلة ، ضربها أو قسمتها كلها بـ أو على مطلق كمية معروفة ... الامر الذي يساعد على تحويل الكسور ، أو غالباً ايضاً ، الاعداد الصماء الموجودة في بنود المعادلات الى اعداد كاملة وجذرية .

8- « ثم ، طالما ان الجذور الحقة وكذلك الجذور الكاذبة ليست دائماً واقعية ، بل خيالية في بعض الأحيان ، فإنه بالإمكان دائماً تخيل ما نشاء منها في كل معادلة ، على أن لا تكون هناك ، احياناً ، اية كمية تتوافق مع الكميات التي نتخيل ؛ كما يمكن ايضاً ان نتخيل ثلاثة منها في هذه المعادلة : $(x^3 - 6x^2 + 13x - 10 = 0)$. وعلى كل لا يوجد فيها الا واحدة واقعية هي (2) ، اما الاثنان الباقيتان ، فمعهما زدهما أو نقصناهما او ضربناهما وفقاً للأسلوب الذي فسرناه ، فليس بالإمكان تحويلهما عن أن تبقىا خياليتين » .

9- يشير ديكارت أخيراً كيف يمكن العثور على الجذور القياسية (Racines rationnelles) في معادلة ذات معاملات قياسية .

تعني تنمة الكتاب الثالث ببناء الجذور عن طريق تقاطع خطين. منحنيين ، كما تعني بقاعدة ديكارت من أجل حل معادلة من الدرجة الرابعة ، وذلك بعد مساواة طرفها الأول بحاصل ضرب ثلاثي الحدود (Trinomes) من الدرجة الثانية .

في هذه الخلاصة المدهشة عن حالة نظرية المعادلات في سنة 1637 ، خلاصة حيث لا يوجد أي دليل واضح ، ولكنها مزودة بالعديد من الأمثلة ، التي ، والحق يقال ليست عطاء أصيلاً من المؤلف . النقطة التي رقمناها 1 موجودة في البيرجيرار (Albert Girard) ، و2 معروفة عن كاردان (Cardan) وعن كل الجبريين اللاحقين 4 و5 و6 و7 قد سمعها فيات (Viète) ، و9 واردة عند جاك بلتيه (Jac-ques Peletier) ، وحدها « قاعدة ديكارت » 3 ، قد سبق إليها بصورة غامضة كاردان (Cardan) وهي ابتكار شخصي من الفيلسوف . ولكن الثامن حيث دخلت جذور وهمية ، وهي فكرة أوحى بها جيرار يدلنا كم كانت غامضة افكار ذلك العصر حول النقاط المهمة .

ان المبادئ التي عرضها ديكارت سوف يتم شرحها فيما بعد ، خاصة من قبل تلامذته الهولنديين من مدرسة شوتن (Schooten) : ومن قبل نيوتن (Newton) الذي وضع القوانين المتواترة التي تعطي مجاميع مثقلات (Pussances) الجذور ، والتي سبق ذكرها بالنسبة الى المثقلات الاربع الاولى ، عند البيرجيرار (Albert Girard) .

أما فيما يخص الحل الفعلي للمعادلات ، فقد رأينا ان فيات ، ضمّن فيها داخل التحليل التفسيري المقسوم هو أيضاً الى عددي وجيوميتري . وديكارت ، كمنظر خالص ، وهاو للمطلق ، لم يهتم بالقسم الاول من هذا التحليل . وقدم فيات سنة 1600 أسلوب حل عددي مقارب . وقد استكمل هذا الأسلوب من قبل تلميذه الانكليزيين هاريوت وأوترد (Harriot et Oughtred) (1660-1574) ثم ساعد على ولادة أسلوب التقريب عند نيوتن ، أسلوب ما يزال يستخدم حتى أيامنا .

انشاء الجيومتريا التحليلية - لاقى تطبيق تحليل فيات على الجيومتريا نجاحاً باهراً في خلق الجيومتريا التحليلية (والتعبير يعود بتاريخه الى بداية القرن التاسع عشر) من قبل ديكارت وفرمات ، حوالي نفس الحقبة ، وبصورة مستقلة ، بين الاثنين .

واستعمل الرياضيان ، بالمنااسبة ، المنطق الرمزي المصوغ لتحليل المراكز الجيومترية (نقاط التلاقي) وبخاصة في المخروطات ، كما بدا (هذا المنطق) عند ابولونيس (Apollonius) ، وبابوس (Pappus) . ومع ذلك يوجد بينهم فروقات ملحوظة ، في ترجمة التقنيات القديمة الى لغة جديدة . ويبدو فرمات هنا ، كما في كل اعماله ، أميناً لترقيمات ولتعبيرات فيات . اما ديكارت فقد كوّن لنفسه لغته وترقيماته ، بمعزل عن التراث المباشر للجبري العظيم . واذا كان قد تأثر به في هذا المجال ،

فبشكل مبهم ، وبفضل الوسط العلمي العام . وقد ظل اقرب الى الجبر العددي مستعملاً تعابيرهِ ذاهباً بالمحاكاة بين المجالين الى حد التماهي اللغوي .

ولد فرمات في « بومون دي لومان » (Beaumont – de – lomanne) سنة 1601 ، وعمل محامياً ، ثم بعد 1631 قاضياً في تولوز ومات في كاستر في 12 كانون الثاني 1665 . وكان هائماً في حياته التي ربما بقيت مغمورة لولا عبقرية الرياضية : وككل سابقيه المباشرين ، تتلمذ على الاسكندرانيين العظام وحاول من جانبه ان يعيد تكوين الامكنة المسطحة (Lieux plans) التي وضعها ابولونيس (Appollonius) .

واعاد هذا التكوين ، حوالي 1629 ، وعمره 28 سنة ، وفقاً لطراز قديم خالص . ولكنه في قطعه ، القصيرة جداً مثل كل محاولاته ، وهي (Ad locos planos et solidos isagoge) ، والتي يعود تاريخها الى سنة 1636 ، بأقصى حد ، اعتمد طرازاً حديثاً هو ، مع ترقيمات فيات ، الطراز المعتمد في الهندسة التحليلية الحديثة ، والتي صاغها بنفسه .

« لو كان هذا الاكتشاف قد سبق اعادة التكوين القديمة التي اعتمدها في الكتابين « المراكز المسطحة » فان بناء القواعد المكانية المركزية كان بدا اكثر اناقة . الا اننا لا نأسف لهذا الانتاج ، وان بدا سابقاً لآوانه وغير ناضج بصورة كافية ، اذ هناك مصلحة للعلم بأن لا يأخذ من الخلف الاعمال التي ما تزال غير ناضجة فكرياً ؛ ان العمل البسيط في بدايته والفج يتقوى ويكبر بالاختراعات الجديدة . بل ومن المهم من اجل الدراسة ، ان نقدر على التأمل براحة ، في التقدم الفكري الخفي ، وفي تطور الفن بصورة عفوية » .

أما تلميذه ديكرات فقد لجأ الى وسائله الخاصة بفعل سلسلة من الاغراءات الخارجية وبفضل جهد شخصي زابحم وتأملي . من جهة حمله ميله المبكر (1619) الى الميكانيكيات على ابتكار بعضها ، « بركاراته » التي اتاحت له رسم المنحنيات (التي سماها فيما بعد جيومتريات) . ومنذ تلك الحقبة ، كان يحلم ان يمد الى مناطق اوسع مجال الجيومترية ، المقصور حتى ذلك الحين ، عند فيات ، على البناءات فقط بواسطة المسطرة والبركار (ان المسائل التجسيمية تحتم بناءات « شبه هندسية ») . ومن جهة اخرى ، حمله ولعه بالبصريات (اوبتيكا) على الاعتناء بدراسة مقاطع المخروطات ، واتاح له ، حوالي (1625) ان يكتشف قوانين دقيقة حول انكسار الضوء . في هذا المجال بدا تأثير كبلر (Kepler) حاسماً . ولكن الى جانب ذلك ، حمله درس بابومس (Pappus) ، اما المباشر ، واما عبر كتب كلانيوس (Clavius) ، الى البحث عن حل جيومتري للمعادلات ذات الدرجات الاعلى من الدرجة الثانية . اننا هنا ضمن مجال عزيز على قلب فيات ، هو مجال التحليل التفسيري الجيومتري ، او المجال الذي سوف يسمى « تحقيق المعادلات » . كل واحد جرب قدرته في هذا ، وفي سنة 1636 أو 1637 نجح فرمات في ملحقة التابع للمذكرة المشار اليها اعلاه نجاحاً باهراً . ولكن باستثناء فرمات وروبرفال (1602-1675) Roberval الذي انتظم مع فيات عن قرب ، اكثر من تلميذه ، والذي استعمل بالمناسبة

كونشويد (La Conchoide) نيكوميدي (Nicomede) اتبعت غالبية الرياضيين بحماس ، مناهات الاقدمين . وقدم ديكرات ، سنة 1629 الى اقصى حد ، حله الجميل للمعادلات ذات الدرجات ثلاثة واربعة ، بالتوصيل بين بارابول ودائره ، ضمن طراز هو طراز هندستنا التحليلية .

نشير هنا ان هذا المجال ، مجال تحقيق المعادلات ، امتد حتى نيوتن ضمناً ، وقد برز فيه سلوز Sluse (1622 - 1685) بشكل خاص . ولكن نيوتن ابرز محدوديته و اشار الى ان دقته ، غير الكافية بشكل بارز ، لا تساعد على اللجوء اليه الا من اجل دراسة تمهيدية ، من اجل فصل جذور المعادلة . اما البحث عن نتائج اكثر دقة فيدخل في مجال الحساب العددي .

حوالي 1632 طرح غوليوس Golius على ديكرات مسألة بابوس (Pappus) المشهورة بعد ذلك ، والمعروفة تحت اسماء مكان [مركز] الثلاثة والاربعة والخمسة مستقيمت . وحلها ديكرات خلال ثلاثة اسابيع ، مجرباً فيها تفوق تقنيته ، ووجد فيها تعريفاً دقيقاً لمنحنياته الهندسية (الجيومترية) . انها المنحنيات التي يرتبط فيها الإحداثيان x و y بواسطة معادلة جبرية $P(x,y) = 0$. لاحظ ديكرات انه بالامكان بناء كل نقطة من هذه المنحنيات ؛ مهما كانت سنيته ، بسلسلة متتالية من حل المعادلات الجبرية ذات الدرجة التي يتزايد ارتفاعها . ومثل هذا البناء يكون على العموم مستحيلاً بالنسبة الى المنحنيات التي يسميها ميكانيكية ، والتي سماها لينيز متعالية او صاعدة (Transcendantes) والتي لا تتعلق بالتالي بتقنيات الجيومتريا التحليلية .

وبعد ذلك اصبح اطار كتاب (1637) عمداً . وعلينا مع ذلك ان نعود الى اقسام اخرى من هذا الكتاب ، الاسامي بالنسبة الى الرياضيات الحديثة .

II - تقدم متنوع

التحليل الديوفانتي - سبق ان اشرنا الى التأثير الضخم الذي احدثه ديوفانت Diophante على الجبرين من بومبلي Bombelli الى فيات Viète . « فناهج هذا الاخير التحليلية الاستكشافية » (Zététiques) مع رمزيته الخاصة ، تسير في خط تحليل ديوفانت . في سنة 1621 قدم باشت دي ميزيريak Bachet de Méziriac اول طبعة اغريقية - لاتينية عن « آريتميتك » ، الحساب ، مع تفسير واف . ولكن هذا التحليل الذي سبق ان ذكرنا مبادئه (المجلد I ، القسم الثاني ، الكتاب 2 ، الفصل 2) قد شاع ، أما من خلال الطبعة اللاتينية ، طبعة كزيلاندر (1575) Xylander ، واما من حواشي عليه ، بالايطالية من صنع بومبلي Bombelli في كتابه « الجبرا » لـ 1572 ، أو بالفرنسية لستيفن Stevin وجيرار Girard ، أو باللاتينية لكلافيوس Clavius في الجبرا لسنة 1608 .

وشيع هذا النوع من التمارين ، المجانية الخالصة ، سوف يستمر طيلة القرن . والمعلم الاول بهذا الموضوع هو فرمات Fermat . وملاحظاته حول ديوفانت ، المدونة في هوامش نسخته من طبعة

باشت Bachet انقذت من النسيان بفضل ابنه صموئيل Samuel في اعادة طبع هذا الكتاب (1670). وبذات الوقت اصدر الاب دي بلي P. de Billy ملخصاً لتقنياته. واذا كان التحليل الديوفانتي هو مجال مهمل في ايامنا، فقد اتاح للجبريين في القرن 17 ان يمارسوا براعاتهم، وان يشحنوا اماليهم، وتأثيره على الحساب اللامتناهي الصغر، حساب الاخوين برنولي Bernoulli. ليس مما يهمل.

فيرمات ونظرية الاعداد - ولكن افكار فيرمات حول التقنيات الديوفانتية حملته، فيما بين السنوات 1626 و1643، ومع بحوث ومع بعض الاختراعات التي تراكمت حتى سنة 1658، على ابتكار نظرية الاعداد. اما الاختراعات الرئيسية التي ابرزت اسمه في هذا المجال فهي :

- 1- أسلوب المبوط اللامتناهي، وهي تقنية حسابية بصورة خاصة، هيوط المثقلة Puissance المحدودة، أسلوب قدّم له ولخلفائه من بعده خدمات مهمة جداً.
- 2- القاعدة الصغيرة، قاعدة فرمات : إذا كان p عدداً أولياً فـ : $a^p \equiv a \pmod{p}$ أي أن باقي قسمة a^p على p يساوي باقي قسمة a على p .
- 3 - اقتراحات مثل :

كل عدد صحيح كامل هو مجموع اربعة مربعات، على الاكثر، او ثلاثة ثلاثيات (Triangulaires) او خمسة خماسيات الخ وكل عدد من شكل $(4n + 1)$ هو مجموع مربعين، ولا يكون ابداً العدد من شكل $(3n - 1)$ من شكل $(a^2 + 3b^2)$. واي مثلث قائم ذي اعداد صحيحة لا تكون مساحته مربعة.

- 4 - قاعدة فرمات الكبرى : المعادلة $(x^n + y^n = z^n)$ ($n = 2$ صحيح اعلى من 2) تكون مستحيلة بالاعداد الجذرية (القياسية).

5 - معادلة بل - فرمات : المعادلة Pell-Fermat $(Nx^2 + 1 = y^2)$ هي دائماً ممكنة بالاعداد الصحيحة. ولا يوجد، تقريباً، اي اثبات من اثباتات فرمات. وفيما خص الكثير من مقترحاته فربما لم يكن لديه اي اثبات حق. ذلك هو حال قاعدته الكبرى التي ظهرت وكأنها احدى اكبر الخفايا في مجال الرياضيات.

واذا كان التحليل الديوفانتي، الذي لا يتطلب الا المهارة، متبعاً من قبل المعاصرين ومن قبل الخلفاء المباشرين لفرمات، فان نظرية الاعداد التي تتطلب العبقرية لم تجد رياضيين مؤهلين وجديرين بها الا مع أولر Euler، ولاغرانج Lagrange رغم ان بعض النتائج المنفردة قد عثر عليها في هذه الاثناء، وكذلك عثر على بعض المسائل الجديدة المطروحة.

ديزارغ والجيومترية الاسقاطية - فيما كان فرمات يشق طريقاً جديدة جداً، قام ديزارغ Desargues (1591-1661)، وهو رياضي اصلي جداً، يشق طرقاً خاصة في مجال آخر، هو مجال الجيومترية الخالصة.

وخضعت القطوع المخروطية لدراسات عديدة من قبل علماء امثال غريغوار دي سان فانسان Grégoire de saint u Vincent ، وكافاليري Cavalieri ، وميدورج Mydorge (1585 u 1647) الذين اغنوا ، عن طريق مناهج ابولونيوس ، نظرية النتائج المهمة وإن كانت مجزأة .

وقدم ديزارغ Desargues اكثر بكثير . فقد كان مولعاً بالرياضيات المطبقة على الهندسة المعمارية ، وبالرسم ، وبالساعات الشمسية ، فضلاً عن تضلعه بالجيومترية القديمة ، وابتكر تقنية جيومترية جديدة ، هي الجيومترية الاسقاطية . وكتب شروحاته Opuscles واهمها : « مسودة مشروع للاحداث الناتجة عن تلاقي مخروط بسطح » (1639) بلغة فرنسية منهجية ، بدون كلمات تقنية كلاسيكية مترجمة عن اليونانية او اللاتينية . ان هذه المحاولة التجديدية في اللغة ، باتجاه التحديث اضرت بنشر افكاره . فلم يتلمذ عليه الا القليل : الحفار بوس Bosse الذي وسع وشرح التطبيقات التقنية لافكار معلمه ، ثم بليز باسكال Blaise Pascal وفيليب لاهير Philippe de la Hire . والنص الكامل لمسودة المشروع الذي بقي ضائعاً لمدة طويلة لم يطبع قبل 1951 .

واعلن باسكال Pascal صراحة انه تلميذ ديزارغ Desargues . وعثر على القاعدة التي تحمل اسمه حول الثمنينات Hexagones المحبوسة ضمن مخروط واستمد منها نظرية كاملة حول المنحنيات . ولم يبق لنا من اعماله الا عنوان قصير من سنة 1640 : « تجربة حول المخروطات » . وكان فيليب دو لاهير Philippe de la Hire (1640-1718) ، عالماً رسمياً في بلاط لويس الرابع عشر . وكان غزير الانتاج ، الا انه كان اقل تميزاً ، وكان واحداً من اوائل الاعضاء في اكاديمية العلوم . وكان أبوه الرسام لوران دو لاهير Laurent de la Hire صديقاً شخصياً لـ ديزارغ Desargues .

وستحيل علينا التوسع في مناهج ديزارغ Desargues ونتائجها . نكتفي بالإشارة فقط الى فكرة النقطة الى اللانهاية فوق خط مستقيم ، الى المماهة الناتجة بين ضمة من المستقيمات المتوازية وضمة من المستقيمات المتلاقية ، وكذلك مماهة المخروط والاسطوانة ، وإلى نظرية التشابك فوق خط مستقيم ، وقاعدة ديزارغ « الناتجة عنه ، بالنسبة الى ضمة منتظمة من المخروطات . ونشير اخيراً الى نظريته حول المثلثات المتماثلة ، أو القابلة للتماثل .

ووقف تطوير الجيومتريا التحليلية ، الذي ساهم لاهير La Hire بنفسه فيه ، وتطوير الاساليب اللانهائية الصغر ، عائقاً في وجه توسع ونمو تقنيات ديزارغ Desargues . أما الجيومترية الاسقاطية فقد انتظرت تلاميذ دي مونج Monge لتزدهر وتأخذ كل معانيها .

نير Néper واللوغاريتم - بعد العودة الى الوراء نشير الى اكتشاف ضخيم في القرن السابع عشر في بدايته ، يُعزى الى الاعمال المتعلقة بعلم المثلثات النجومى ، ولكن هذا الاكتشاف كان له انعكاسات مدوية على الرياضيات البحتة ، وعلى الاقسام الاخرى من العلوم . وهذا الاكتشاف هو اللوغاريتم . فقد عاد جون نابير أو نير John Napier of Merchiston ou Néper (1550-1617) وهو بارون اسكتلندي ، في محاولة لتبسيط حسابات علم المثلثات ، عاد الى فكرة قديمة

حول مقارنة التصاعديات الحسابية والهندسية. وقد عرف كيف يعرضها بشكل عام، وترجمها بحسابات واقعية. وبهذا المعنى كتب يقول: «ان لوغاريثم كل جيب زاوية هو عدد يعبر بصورة تقريبية كبرى عن الخط الذي يتزايد أيضاً خلال ازمة متساوية. في حين ان خط الجيب الشامل يتراجع نسبياً ضمن هذا السينوس او الجيب. والحركتان تتمان بذات الوقت، وتتلقان في البداية بذات السرعة» (ميرفيسي لوغاريثمو كانوني... . Mirifici logarithmorum canonis. 1614).

يستدعي هذا التعريف عدة ملاحظات. نشير أولاً ان اللوغاريثم هي «عدد الكلمة» أو «عدد النسبة» أو «عدد السبب».

من المعلوم أنه منذ اليونانيين القدماء حتى القرن الثامن عشر كانت التعابير المستعملة في نظرية النسب لوغاريثمية شبيهة بالتي نستعملها. فإذا كان مثلاً (r_1) هو خارج قسمة A على B و (r_2) هو خارج قسمة B على C ، لا نقول أن خارج قسمة A على C هو حاصل ضرب الخارجين الآخرين، بل مجموعهما. وهكذا نستنتج من المعادلات $(a/1 = a^2/a = a^3/a^2 = a^4/a^3)$ أن خواارج القسمة $(a^2/1, a^3/1, a^4/1)$ هي على التوالي ضعفاً، ثلاثة وأربعة أضعاف خارج القسمة الأساسي $a/1$. وكانت التعابير من هذا النوع لم تنزل تصادف بكثرة في القرن السابع عشر، في «مبادئ» نيوتن مثلاً. واعتمد ديزارغ، وغيره، في بياناته الجيومترية رمزية وتعابير يضيف إليها وي طرح منها المثقلات (raisons)، وهي تعتبر غير مفهومة بالنسبة إلينا إلا إذا أخذنا بعين الاعتبار ما سبق.

وإذا فاللوغاريثم يقيس المثقلات وتكون العدد الذي يضاف او يطرح او يضاعف عندما يضاف المثقل او يطرح و يضاعف.

ومن جهة اخرى يتعلق تعريف نيبير Neper بالجيب Sinus لأن واضع نظرية اللوغاريثم يتابع بصورة اساسية غاية عملية: هي تسهيل حسابات المثلثات، او بصورة ادق الحسابات النجومية. وبالتالي اذا كانت اللوغاريثم هي عدد بالمعنى الصحيح، عدد صحيح او كسرى، فذلك ان الحسابات لا يمكن ان تتناول الا الارقام والأعداد. ولكن اللوغاريثم هي في الواقع القياس الاكثر قرباً، ما أمكن من مقدار مستمر يمثل هنا بخط.

وهذا الخط هو بالمعنى الصحيح متعلق بالجيب Sinus، وكلمة تعلق Fonction ادخلت فيما بعد من قبل ليبنيز Leibniz ولكنها تبدو هنا مغالطة. هذه العلاقة ادخلت عن قصد بموجب معادلة تفاضلية، ولأول مرة في تاريخ الرياضيات. اذا سمينا R شعاع الدائرة او جيب عام، و X الجيب المدروس و Y لوغاريثمه بالمعنى الذي قصده نيبير Néper فيكون: $Y = 0$ عندما يكون $x = R$ ، و $(dy = -(R/x) dx)$.

وهذا يعطينا مباشرة العلاقة بين لوغاريثمات نيبير Néper الأولى، ولوغاريثمات نيبير الحالية (وهذه التسمية الأخيرة ادخلها لacroix) : $y = R \text{ Log } (R/x)$.

وإذا كان بالامكان معارضة أسبقية نيبير، فيها يتعلق بفكرة اللوغاريثمات بالذات، فمن المؤكد أن هذا

المعنى العميق للاستمرارية، التي تتطلب معرفة كبرى بالرياضيات القديمة، وهذه الفكرة المبدعة، فكرة ادخال الاستمرارية بواسطة الحركة وادخال هذا التعريف التفاضلي للوغاريتم، يعود الفضل فيها اليه بدون نزاع، الامر الذي يجعل منه احد الرياضيين الاكثر عمقا في اواخر القرن 16 وبداية القرن 17.

ويؤدي التعريف التفاضلي الى قانون اسامي يوجهه يكون للجيب Sinus. ذات التعاقب الهندسي المتنازل انطلاقاً من الجيب العام R ، لوغاريتمات ذات تصاعد حسابي متزايد انطلاقاً من صفر. فضلاً عن ذلك ان لوغاريتم AB/R هو مجموع لوغاريتمات A و B . فضلاً عن ذلك يدوان نيبير Néper، وقد سبق زمنه، لم يكن يخشى استعمال لوغاريتمات صلبية في زمن كانت فيه غالبية الرياضيين لا تريد استعمال الارقام السلبية. ونضيف ايضاً انه في الحقبة التي أسس فيها نيبير نظرية اللوغاريتمات، كان غاليليه، وبموجب تحليل بدائي جداً، ولكن قريب، وربما مستوحى من اكتشاف الاسكتلندي، قد رفض فرضية قانون سقوط الاجسام وفيها تكون السرعة متناسبة مع علو السقطة، مبنياً ان السقطة، ضمن هذه الفرضية تكون آنية وفجائية. وقد قام فرمات Fermat سنة 1642، وحساب غاسندي Gassendi، بوضع شكل هذا التحليل.

وأدت نظرية نيبير Néper بوضعها، الى بناء جداول، وهو هدف واضح استمر به. وتوصل الى ذلك بعد وضع عدة تصاعديات هندسية ذات مثقلات (Raison) بسيطة جداً مثل $(1 - 10^{-7})$ وذلك بعد استعمال استكمالات ذكية؛ وفي جداوله $R = 10^7$

كانت هذه اللوغاريتمات الاولى تظهر بعض المصاعب في الحسابات العملية. وتولى بريغز، بناء على مشورة نيبير Néper بالذات حسابها من جديد، انطلاقاً من ان لوغاريتم الوحدة هو صفر، ولوغاريتم العشرة 1. وهكذا سار بحساب لوغاريتماتنا العادية، وبالنسبة الى الارقام الى 31 الف الاولى الصحيحة حتى الجزء العشري الرابع عشر.

وعرفت جداول اللوغاريتمات التي كانت بالنسبة الى المحاسبين، وخاصة علماء الفلك مثل حاجة ملحة، نجاحاً مباشراً وضخماً. فمنذ 1614، وهو تاريخ نشر كتاب «معرفة قوانين اللوغاريتم...» 1631، خرجت من المطابع كتب تزيد على العشرين. ومن بين هذه الجداول يوجد كتاب نقيض اللوغاريتم لبورجي Bürgi الذي طبع في براغ سنة 1620. ولكن صاحبه كان قد حسبه بين 1603 و 1611، اي بمعزل عن اعمال نيبير.

ونجد بين المؤلفين الآخرين جون سپيدل John Speidell، وكبلر Kepler، وبريغز Briggs، وادمون غانتر Edmund Gunter مخترع قاعدة الحساب، وفلاك Vlacq ودينيس هانريون Denis Henrion الذي وان لم يكتب كتاباً أصيلاً، الا انه نشر سنة 1626 اول كتاب فرنسي حول هذا الموضوع.

التحليل التوافيقي والاحتمالات - يجب ان نضيف الى هذه المقدمات الجديدة في عصرها

التحليل التوافيقي، والذي ظهر باكراً عند الكثير من المؤلفين . إلا ان فرمات تميز فيه عن غيره ، مرة أخرى ، وذلك بتقدمه ، سنة 1636 معادلة الأعداد المجازية ، وهي المعادلة التي نكتبها اليوم على الشكل التالي :

$$C_p^n = \frac{n(n-1)\dots(n-p+1)}{p!}$$

وقد قام باسكال Pascal في كتابه الصغير الذي صدر سنة 1654 حول المثلث الحسابي تيناً استقرائياً (من الخاص الى العام) كاملاً ، وهي تقنية استغلها من قبل أرخميدس Archimède وموروليكو Maurolico وباشت ميزيرياك Bachet de Méziriac ، ولكنها لم تأخذ كل مداها إلا مع جاك برنولي Jacques Bernoulli .

ويمكن أن نذكر أيضاً في هذا المجال من البحث ، الدرامعات حول المربعات السحرية ، وهي تبسيطات من قبل المحللين أعادها الى الحياة باشت Bachet سنة 1612 و 1624 . وقد انصرف اليها فرمات منذ سنة 1630 ؛ بحماس مدهش . وتميز فرانيكل دي بيسي Frénicle de Bessy (1605-1675) في هذا المجال كما تميز أيضاً في نظرية الأعداد .

أما حساب الاحتمالات الذي سبق ووجدنا بعض الأمثلة منه عند باسيولي Pacioli وكاردان Cardan وغاليليه ، فقد نشأ حقاً في سنة 1654 ، على أثر تبادل رسائل ، بين بليز باسكال Blaise Pascal ، وكان عمره يومئذ 31 سنة (وقد كتب معالجة المثلث الحسابي والبحوث الملحقه به) وبين فرمات الذي كان عمره 53 سنة . في هذه المرحلة ارتبط هذا الحساب بالتحليل المزدجي . وكانت أساليب فرمات متفوقة تماماً على أساليب تلميذه الشاب . واضطلع هويجنس Huygens على هذه المراسلة ، فاهتم بدورها في المسألة ونشر سنة 1657 أول كتاب من حساب الاحتمالات وعنوانه : «De ratiociniis in ludo aleae» .

III - وضع الحساب اللامتناهي

إذا كان من الواجب تلخيص جوهر اكتشافات القرن ، فيذكر أولاً التحليل الموه الذي قام به فيات والذي تكلمنا عنه وعن ملحقه : نظرية المعادلات الجبرية ، والجيومترية التحليلية ؛ ثم أخيراً التحليل اللامتناهي بفرعيه المتميزين أولاً : الحساب التفاضلي والحساب التكاملي اللذان لم يحيدا رابطهما الوثيق وتسمياتهما إلا عند لينينز ونيوتن : ان تاريخ هذا التحليل اللامتناهي هو ما نعالجه الآن .

فرمات : المبادئ الأساسية والمعاسات - في سنة 1629 أو في 1630 بأقصى الحدود كان فرمات

وهذا هو أسلوب الكاتب في التعبير عن نفسه ، سنة 1637 ، حول مثل البارابول (قطع مكافئ) (صورة 15) : أعطينا البارابول B.D.N. قمته D وقطره (D.C) ؛ وعليه توجد النقطة B ، التي منها يسحب المستقيم B.E ، مماساً للبارابول وملتقياً بالقطر عند E . إن أخذنا على المستقيم B.E نقطة ما O ومنها نسحب الصادية (O.I) وبذات الوقت الصادية (B.C) من النقطة B . يحصل معنا : $CD/DI > BC^2/OI^2$ لأن النقطة O هي خارج البارابول ؛ ولكن $CE^2/IE^2 = BC^2/OI^2$ بسبب تماثل المثلثين . وإذن : $CD/DI > CE^2/IE^2$. ولكن النقطة B مقطرة وإذن فالصادية B.C ، وإذن النقطة C وإذن C.D . أي أن $d = CD$ معينة . نضع $a = CE$ و $e = CI$ فيكون :

$$d(d-e) > a^2(a^2 + e^2 - 2ae)$$

نضرب الأوسطين ببعضهما ، والطرفين ببعضهما : $da^2 + de^2 - 2dae > da^2 - a^2e$ ولنساو تقريباً ، سنداً للطريقة السابقة ، عندها نحصل بعد طرح العناصر المشتركة على :

$$de^2 - 2dae = -a^2e \text{ أو على : } (de^2 + a^2e = 2dae)$$

نقسم كل العناصر على e نحصل على $de + a^2 = 2da$ الخ (de) يبقى ($a^2 = 2da$) أي أن $(a = 2d)$

نثبت إذن أن C.E هو مضاعف C.D. وهذا مطابق للحقيقة .

كان فرمات ملكاً لطريقته بشأن المماسات سنة 1632 .

وقد جُرّ ديكارت الى ذات المسألة حول بناء المماسات أو بالأحرى العواميد فوق المنحنيات الجيومترية من خلال دراساته البصرية .

وبعد أن اكتشف قوانين الانكسار ، فنش متأخراً على ما يبدو ، إنما حتماً قبل 1636 ، عن منحني بحيث إذا كان A وB نقطتين معينتين ، فإن كل شعاع ضوئي ينبثق عن A وينكسر على المنحني يمر في B .

وقد جره تحليل نجهله الى اكتشاف بيضوياته (Ovales) أو المنحنيات المحددة بارامترياً [البارامتر : ثابتة : انها كمية محددة تتوقف عليها دالة من التغيرات المستقلة] . ولكي يعطي عن اكتشافه العرض المدرج في هندسته ، اخترع أسلوبه لبناء العاموديات على المنحنيات الهندسية .

إذا كان PC هو العامود عند C على المنحني $f(x,y)=0$ (باعتبار f متعدد الحدود ، وإذا كان P هو قدمه على محور السيني ، تكتب المعادلة لدائرة مركزها P ومارة بـ C ونعبر انها تلتقي المنحني عند نقطتين متداخلتين أي أن المعادلة عند سينيات التقاطع تفترض وجود جذر مزدوج . وعندما نعود الى مسألة جبرية خالصة يعالجها ديكارت بأسلوب المعاملات غير المحددة التي اخترعها هو : (الصورة 16) .

ولا تطبق تقنيات ديكارت وفرمات ، وهي شديدة الارتباط بالهندسة التحليلية ، كما هي الا على المنحنيات « الهندسية » . وقد وعى الاثنان هذا النقص ، فعالجاه كل بحسب أسلوبه . وهنا أيضاً يمتاز فرمات حتماً على خصمه . والحقيقة أن ديكارت لم يعالج الموضوع الا مرة واحدة لكي يضع المماسات على البكرة أو فوق الدويري (cycloïde) . واستبدل بنجاح الدائرة المولدة بمضلع ، الأمر الذي مكّنه من العثور على المركز الآني للدوران ، وعلى خصوصية الخط العامودي المار بالمنحنى لكي يمر بهذا المركز .

أما فرمات فوضع المبدأ بأنه من الممكن إبدال صاديّات المنحنيات بصاديّات المماسات وإبدال أقواس المنحنيات بأقواس مطابقة للمماسات المعثور عليها . وبرر جزئياً ، في سنة 1660 ، هذه التأكيدات من سنة 1640 ، التي مكنته من بناء مماسات عدة منحنيات صاعدة كان قد اهتم بها منذ 1638 .

وهذه هي مثلاً مسألة وضعها بهذا التاريخ . نفترض وجود منحنيات كثيرة ذات قمة واحدة هي B ونفترض BA, BF, BD, BE كمعطيات معلومة بحسب مواقعها ، ونفترض منحنى آخر له نفس القمة MB ، بحيث أن الطبقات MB (مثل Appliquées) تساوي المتوسطات النسبية بين مجموع أجزاء المنحنيات الأخرى : BE, BD, BF, AB ، ومجموع الطبقات appliquées ، EC, DC, FC, AC (الصورة 17) يتوجب إيجاد المماس عند نقطة معينة من هذا المنحنى الأخير .

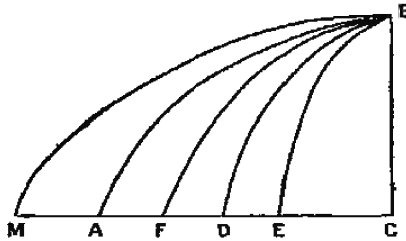
« وإذا أردت أن تكون المنحنيات الأخرى للمثل دائرة أو قطعاً مكافئاً أو زائداً أو اهليلجياً (Ellipse) ، فإني أوافق على ذلك ، بشرط أن تؤمن بأنّي أعطي الحل لكل عدد ولكل نوع من المنحنيات المعطية ، وبدون أي اختلال بالتساوق (أو بدون أي تعبير يتضمن جلوراً) الأمر الذي يبدو مدهشاً » .

وفي حين كان ديكارت وفرمات يعالجان موضوع المماسات بأساليب جبرية خالصة وبعدها يوسعونها لتشمل المنحنيات « الميكانيكية » ، استعمل روبرفال Roberval أسلوباً حركياً ، والحقيقة انه درس المماسات وفقاً لأسلوب نيكوميدي Nicomède في دراسة المقعرات بطريقة جبرية ، لكي يناقش وجود جذور لمعادلات الدرجة الرابعة . وهو بهذا تلميذ عند فيات Viète ويضع نفسه في نفس مجال فرمات Fermat . ولكنه في أسلوبه الحركي للمماسات ، يأخذ بعين الاعتبار اتجاه موجّه السرعة ، اتجاه يحصل عليه بتفكيك حركة متحرك فوق المنحنى المساري ، بتفكيكه الى مسارين . إلا أنه لم يعالج المسألة إلا هندسياً ، ولم يستخرج اللوغاريتمية بوضوح . وأسلوبه في أساسه يماثل أسلوبنا الذي يقوم ، بالنسبة الى المنحنيات المتمثلة بتعابير مشتقة (بارامترية) من x و y ، أكرر يقوم على اتخاذ كمماس ، الخط المستقيم ركيزة الموحّه ذي الإحداثيتين x و y . وأسلوبه هذا معاصر تقريباً لأسلوب الآخرين ، بتاريخ 1638 .

ووصل توريشلي Torricelli الى تصورات حركية مماثلة لتصورات روبرفال Roberval ، والتي

ألمحت فيها بعد بارو Barrow في كتابه المسمى (لكسيون جيومتريكا) Lectiones geometricae لسنة 1670 .

ومناهج فرمات وديكارت ، المتماثلة في مبادئها ، حولت الى اللوغاريتم ، على الأقل فيما خصص المنحنيات الهندسية ، من قبل رياضيي الجيل التالي . وهم من جهة تلامذة شوتن Schooten وهود Hudde وهويجنس Huygens ثم ملوز Sluse ، أسقف لياج ، والذي ينتمي مباشرة الى فيات ، وان كان قد تأثر في روما بمدرسة غاليله عن طريق ريشي Ricci . ان الانكليزي بارو Barrow ، من جهة أخرى ، ولكن بعد تأخر قليل - وهو المتأثر أيضاً بريشي Ricci والمدرسة الايطالية - قد أدخل كرسية الى نيوتن . ومع بارو Barrow تمّ الاقتراب أكثر ، في هذا المجال من حساب لينيز Leibniz .



صورة 17 - مسألة حول المماسات درسها فرمات

غير القابلات للقسمة - ان جذور الحساب التكاملي تعود الى « عناصر » إقليدس Euclide وخاصة « عناصر » أرخميدس Archimède . وقد وعى الغرب مسائل تشكل مادة هذا الحساب ، في كتب الرياضي الكبير أرخميدس السيراكوزي الذي أخذ يشتهر لدى الغربيين في أواخر القرن 16 . وكان لوقا فاليريو Luca Valerio من أرائل الذين فهموا هذه الأعمال ، ونشر بعد 1604 بحوثه حول مراكز الثقل النوعي

والى تلميذ غاليله ، غير المباشر ، كافاليري (1598-1647) يعود الفضل في انطلاقة الحساب التكاملي . ومن الانصاف أن نلاحظ أنه إذا كان كتابه الشهير : « الجيومتريا . . . 1635 ، قد كان له تأثير حاسم على الجيل التالي ، فإن الباحثين في عصره الذين عبروا ، مستقلين عنه ، عن أفكار مشابهة كانوا أكثر .

لقد أكمل كافاليري Cavalieri تصوراته ، بعد 1629 ، ولكن في سنة 1615 كان ج . كبلر J. Kepler قد استعمل تقنية مشابهة في كتابه « نونا ستيريومتريا Nova Stereometria . . . » مع جراءة أكبر وبعض النتائج الخاطئة . وتشبيهه المنحني بمضلع ذي أضلاع غير متناهية ، استطاع أن يتصور فكرة غير القابل للقسمة بكل واضح نوعاً ما . فضلاً عن ذلك ، كان اليسوعي غرغوار دي سان فانسان Grégoire de Saint-Vincent (1584-1667) قد حصل منذ 1625 على نتائج جيدة ، وكانت طرقه الدقيقة للعرض تقترب مباشرة من شمولية الأقدمين ، ولكن ضياع غالبية أوراقه في حريق براغ لم

تتح له التعريف بأعماله إلا في سنة 1647 في كتابه الكبير : « أوبس جيويمتريكوم . . Opus Geometricum » . لقد أضر به الزمن ، وكذلك أيضاً رغبته المسرعة بالدقة ، ونقل التبيينات الناجمة عن هذه الدقة ، هذا من جهة ، ومن جهة أخرى محاولته الفاشلة في تربيع الدائرة ألقت بعض الظلال على أعماله . ولكن ليبين يذكركه باحترام الى جانب كافاليري Cavalieri وباسكال Pascal باعتبارهم من ملهميه .

وفي فرنسا ، وبالإستقلال عن كافاليري Cavalieri قام ديكار و فرمات و روبرفال Roberval ، مستعينين بالجبر الكلاسيكي فربعوا ، باكرأ ، « البارابولات » $y = ax^m$ ثم قام فرمات و روبرفال بتربيع « البارابولات » الأعم $y = ax^m$ وكعبوا البارابوليدات المتحركة الدائرية ، وعينوا مكان مراكز الثقل النوعي . وهذه المسألة الأخيرة لم يعالجها كافاليري Cavalieri إلا فيما بعد ، بناء على طلب جان دي بوگران Jean de Beaugrand ، بعد 1640 ، وجزئياً مقارضة ضد غولدين Guldin (1577-1643) . وكان هذا الأخير يسوعياً غسولياً اشتهر بنظرياته حول الأحجام والمساحات في الأجسام الدائرية المتحركة ذات العلاقة بمراكز الثقل النوعي في الصفائح والمنحنيات المسطحة . وقد سبق أن وجدت هذه القواعد عند بابوس Pappus .

وقد ارتبطت كل التقنيات التي استعملها الكتاب المذكورون ارتباطاً وثيقاً بالتراث الارخيدي الذي لم يعرف الا من خلال الخلاصات المقطقة عن المعلم ، ذلك ان الكتاب الموجه الى اراتوستين Ératosthène الذي كشف عن تحليله لم يعثر عليه الا في مطلع القرن العشرين .

وقد توصلوا ، بفضل حسهم العميق بالرياضيات ، وكل حسب طريقته ، الى اعادة تكوين هذا التحليل . وكانوا يؤمنون عن اخلاص بانهم يجددون ويتجاوزون من يحتدون به . من هنا المناقشات التي لا تنتهي حول الافضلية والاتهامات المتبادلة بالسرقة ، وهي جرائم نبرئهم نحن منها جميعاً او تقريباً ، من دون بوگران Beaugrand الذي يبقى مشبوهاً .

كان فرمات من انصار التبيين التركيبي الدقيق ، ولكنه قد شغل باهتماماته ، كما كان اسير عبقرية التي تجعله راكضاً من اكتشاف الى اكتشاف ، فاكفى بالتحليل ، الذي لم يتسن له حتى مجرد عرضه ، فاكفى باعطاء النتائج لا اكثر .

اما كافاليري Cavalieri ، الذي كانت تنقصه مع الاسف مصادر الجبر الكلاسيكي ، فقد حاول ان يمنح طريقة في كل كبير منظم . وكانت محاولته مغرية ، وكان عمق ارائه قد خفي على المؤرخين . بالنسبة اليه مثلاً ، اذا كان بالامكان قياس رسة مسطحة بالنظر الى « مجموع خطوطها » الموازية لاتجاه ما ، فان هذا المجلل يُحْصَل عليه بحركة تكس السطح فتعطيه ، بحسب اللغة الحديثة ليس قوة « غير المتناهي » القابل للعدد ، بل قوة اللامتناهي المستمر فضلاً عن ذلك ان تصوره العام جداً للمماثلة ، في الكتاب الاول من مؤلفه تتجاوز الى حد بعيد نتائج الاغريق ، اما الاعيه الجيومترية فهي من الاكثر براعة . الا ان محاولته من الناحية النظرية فاشلة ، لان الكثير من تبييناته غير ثابتة وقد اضاف الى

البدييات في الهندسة الاغريقية بعضاً آخر، يمكن الاستغناء عنها ، بحسب المنطق الحق . ولكن عندها يتوجب اعتماد وجهة نظر روبرفال Roberval التي عممها باسكال Pascal بقوله (1659) :

« كل ما هو مبين بالقواعد الحقة المتعلقة بغير المراثيات ، يمكن تبينه ايضاً ، وعند الضرورة ، ووفقاً لاسلوب القدماء ، وهكذا لا تختلف مطلق واحدة من هذه الطرق عن الاخرى الا من حيث اسلوب الكلام : وهذا امر لا يمكن ان يجرح الاشخاص العاقلين بعد سبق انذارهم بما يقصد بهذا . ولهذا لن أعارض ، فيما بعد ، في استعمال هذه اللغة لغة غير القابلات للقسمة : «مجموع الخطوط » او « مجموع السطوح » . وهكذا عندما انظر ، مثلاً ، الى قطر نصف دائرة مقسوم الى عدد غير محدد من الاقسام المتساوية عند النقاط Z ، من حيث تنطلق « الصاديات » Z.M. ، فلن اعارض في استعمال هذا التعبير « مجموع الصاديات » الذي لا يبدو انه هندي في نظر الذين لا يفهمون نظرية اللامقسومات ، والذين يتصورون انهم هدموا الجيومتريا ان هم عبروا عن السطح بعدد غير محدود من الخطوط ، وهذا لا يتأتى الا من نقص الذكاء عندهم ، اذا لا يفهم من هذا الا مجموع عدد غير محدد من المستطيلات القائمة على كل « صادية » مع كل من الاجزاء الصغرى المساوية للقطر ، والتي مجموعها هو حتماً سطح لا يختلف عن مساحة نصف الدائرة الا بكمية اقل من اي معطى »

هذا الانتقال قد يبدو لأول وهلة كتعريف أولي ممتاز للمتكامل (Integrale) المحدد ، فيه تعريف الحد في الأسطر الأخيرة ، الواقع انه خلاصة لطريقة الرفع المعروفة من الأقدمين ، وخلاصته أسرع للتعبير عنها بلغة اللامقسومات . وتلاشت هذه المعلومات الواضحة جداً تحت تأثير لينيز خلال القرن 18 : فدية التقدم الضخم الذي أحدثه لينيز نفسه للحساب التكاملي . ولخط القرن 19 ، وبخاصة مع كوشي (Cauchy) عودة نحو المفاهيم الأرخميدية .

أهم النتائج الرئيسية : - دل أسلوب التكامل المباشر المسمى تكامل اللامقسومات بلغة كافاليري على أن :

$$\int_0^{\infty} x^m dx = \frac{1}{m+1} a^{m+1}$$

وذلك باستعمال الترقيمات الحديثة . وقد وضع كافاليري Cavalieri هذه النتيجة سنة 1629 (ونشرت سنة 1635) من اجل المثقلات (Puissances) 1 و 2 ، ثم بعد نشر كتابه ، بالنسبة الى المثقلات 3 و 4 ثم بطريقة الاستقراء غير الكامل ، بالنسبة الى المثقلات الكاملة الايجابية .

وبعد 1635 كانت هذه النتيجة العامة قد اثبتت بدقة من قبل فرمات الذي توصل في نفس الحقبة ، او على الاقل قبل 1638 ، الى اسمائها المثقلات (Puissances) الكسرية الايجابية (وكان في تعبيره يقصد تربيع البارابولات العامة : $x^m = b^p$) . وحصل روبرفال على نتائج من نفس النظام . وعندما ظهر توريشلي Torricelli على المسرح في الرياضيات ، حملته استخدامات ماهرة للامنقسمات المنحنية على ان يكتشف (سنة 1641) حجم « الكونويد Conoïde » الرفيع الحاصل

من جراء دوران ايبربول حول مستقيمه المقارب Asymptote. وقد دفع توريشلي Torricelli بمناظرته مع روبرفال Roberval الى توسيع النتائج التي حصل عليها، فربّع الايبربولات العامة

$$x^n y^n = a^n b^n.$$

وتعرف واليس Wallis على هذه الحسابات في كتب تورشيلي. فقدم عنها عرضاً عاماً عن طريق الاستقراء غير الكامل وذلك سنة 1656، في كتابه المسمى اريتماتيكا انفييتورم Arithmetica Infinitorum، وكان هذا العرض موضوعاً بصورة تهيديّة حول حسابات عددية. وكان من اولى المحاولات في التحليل اللامتناهي حتى يتخلص من التمثيل الفضائي

وتتعلق المسائل حول السيكلويد Cycloïde او المنحنى المرسوم بواسطة نقطة مرتبطة بدائرة تكرج دون ان تنزلق فوق خط مستقيم، بالمسائل السابقة ولكنها تهتم بالعلاقات التريغونومترية. اما مسألة تربيع قنطرة المنحنى فقد طرحت على ما يبدو من قبل مرسين Mersenne على روبرفال Roberval، بعد ان درسها على ما يقال، غاليله، وحلها اولاً روبرفال سنة 1637، بواسطة طريقه بسيطة وبارعة، وبهذه المناسبة اخترع روبرفال السينوزويد Sinusoïde او بالنسبة اليه « رقيقة الرولت ». وبعد ان علم فرمات وديكارث بنجاح هذه التكاملية قدما حلولها وتبعها بعد عدة سنوات توريشلي Torricelli. اما خط المماس فقد وجده روبرفال وكان الطليعة، وقد ابتكر من اجل هذا طريقته الحركية، ثم تبعه مباشرة، في سنة 1638 ديكارت، وذلك بفضل استخدام المركز الآني للدوران ثم فرمات بفضل تقنياته العامة. وفي سنة 1641 اكتشف توريشلي Torricelli، من جهته الطريقة الحركية التي كان فيفياني Viviani يطبقها بدوره سنة 1643 في بناء مماس السيكلويد. وحسب روبرفال وتوريشلي كلاهما الحجم الذي يولده دوران القنطرة حول القاعدة. واعتقد توريشلي، في سنة 1644 انه اكتشف الحجم الحاصل من الدوران حول المحور، والموقع الصحيح لمركز الثقل النوعي لصفحة مكونة من نصف القنطرة. وقدم نتيجة بدون تبين. واجتهد روبرفال فلاحظ خطأ وهو يجري تكامله المتقارب، فسأل منافسه اذا كان متأكداً من النتيجة، وتوصل اخيراً في اواخر سنة 1645 وبعد سنتين من الجهد الى النتيجة الصحيحة. وقد أكمل لهذا الغرض تقنيات التكامل. وقام باسكال بتحسين اساليب روبرفال ووسعها وذلك بمناسبة النزاع الكبير سنة 1658 حول المسائل التي كان هذا الاخير اي بسكال قد نشرها تحت اسم مستعار هو دتونفيل Dettonville وطرحتها على كل الرياضيين حول موضوع السيكلويد.

ويبدأ تربيع البارابولات (القطع المكافئة) من كل الدرجات (ما نسميه نحن ذات الحد) موضوعاً مطروحاً في منتصف القرن ومحلّولاً. وظل تربيع الدائرة معلّقاً، ولكن في المسائل المتعلقة بالسيكلويد، كان العلماء يردون اليه تربيعات العلاقات « Fonctions » مثل $\sin^m x$ وبقيها يكون m و n العددين الصحيحين الايجابيين والاولين.

وقد حصل توريشلي ومن بعده روبرفال ثم فرمات واخيرا واليس Wallis على تربيع الايبرولات أي على تكامل ذي الحد x^{-2} حيث r جذري ايجابي. وبقي تربيع الايبرول العادي ايبرول اسولونيوس Apollonius حيث $r=1$ مستعصيا على طرقهم. وقد عرف روبرفال عرضاً في سنة 1643، ان السينيات ذات التصاعد الهندسي تتوافق مع مساحات ذات تصاعد حسابي. ولكن هذه الخاصية قد عرضت بصورة اوضح، من قبل غريغوار Grégoire دي سان فانسان في كتابه الكبير لسنة 1647. وقد يكون اكتشافها قبل 1625. وهذه الخاصية تفترض وجود رابط بين تربيع هذا الايبرول والنظرية الجديدة للوغاريتمية. وهذا ما اثبت فيه بعد تلميذه سارازا Sarasa.

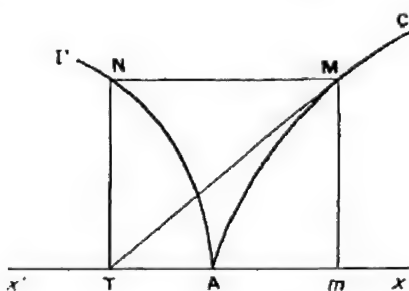
الا ان حساب اللا مقسومات يدخل في مجالات اخرى. فضلاً عن تحديد مراكز الثقل، اتاح هذا الحساب تصحيح اقواس المنحنيات.

وكانت مجموعة رياضيي باريس، بناء على دعوة الاب مرسين P.Mersenne الذي كان معيماً بالسطح المائل في فرضية خطوط الجاذبية المتلاقية، وجدت منحنياً حلزونياً، خطنا الحلزوني للوغاريتمي، كما وضعت خصائصه الرئيسية. وكان ديكارث قد اشترك بالمراسلة في هذه المناقشات. وبين ان هذا المنحني الميكانيكي له طول محدود متناه.

فضلاً عن ذلك عثر كافاليري Cavalieri وغريغواردي سان فنان، اثناء مراجعتها لاعمال ارخميدس حول البارابول من جهة، وحول اللولب $P = aw$ من جهة اخرى، قبل سنة 1630، العديد من العلاقات بين هذين المنحنيين. وبين روبرفال في سنة 1642 مساواة اقواس المنحنيين. وبعدها بقليل توصل توريشلي الى نفس النتيجة واشملها البارابولات واللوالب الاكثر عمومية، والمنحنيات التي اخترعها منذ عدة سنوات فرمات. وعثر بذات الوقت على اللولب للوغاريتمي، بعد ان اثبت كل خصائصه البارزة وسماه اللولب الجيوماتري.

وقد تحقق التقدم الاهم في مجال تقويم المنحنيات، في حوالي 1658؛ وسوف نعود لهذا الامر.

تربيعات روبرفال - يتوجب علينا، في البداية، ان نشير الى اكتشاف بسيط جداً ولكنه ضخم حققه روبرفال Roberval وهذا الاكتشاف يوجد رابطاً أساسياً بين تحديد المساحات وحساب المساحات



صورة 18 - تربيع روبرفال

وقد دل هذا الاكتشاف على تفوق تصور روبرفال Roberval للانقسامات، على تصور كافاليري Cavalieri. فقد لاحظ، ربما سنة 1645 الحدث التالي: نفترض وجود منحن محدوب AC، ومحور $x'Ax$. وفي نقطة متجولة M نسحب مماساً MT يلتقي المحور عند T والعمودي على المحور عند T، وموازيه المطلق من M يتقاطعان

عند N ، نفترض AT المنحنى المركز لـ N : ان المساحات المحصورة بين المنحنى AC والصادية Mm ، والجزء Am من المحور ، من جهة ، والمنحنى AC ، والموازي MN للمحور ، والمنحنى AT من جهة أخرى ، وهي متساوية (صورة 18) .

وفي مطلع كانون الثاني سنة 1646 اعلم روبرفال توريشلي بالأمر . وسرعان ما وجد هذا الأخير تبيناً ، واستفاد منه لتربيكات ايبربولاته . ذلك ان تربيكات روبرفال كانت اداة قوية للتكامل ، قبل اختراعات نيوتن وليبنز . وقد قيم ريشي Ricci ، صديق توريشلي هذا الاكتشاف تقييماً عظيماً . وقد استفاد منه جيمس غريغوري James Gregory ، كما اتاح نجاحاً اول من نجاحات ليبنز ، الذي تقاسم هذا النجاح ، امام التاريخ مع غريغوري نفسه : اكتشاف السلسلة التالية

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} \dots$$

المسألة المعاكسة للمماسات - قبل ان نتفحص العلاقات بين الجيل الذي سبق مباشرة ليينز ونيوتن . اي جيل واليس Wallis ، وبارو Barrow ، وباسكال Pascal وهويجنس Huygens وغريغوري ، يبقى علينا ان ننظر في مسألة اخرى كبيرة متناهية الصغر وهي مسألة عكس المماسات : تحديد المنحنى بواسطة مميزاته المماسية . نعود الى الوراء ، الى اعمال كيبلر في البصريات ، اعماله في كتابه المؤرخ سنة 1604 بعنوان ادفيتيلونم Ad Vitellionem . . . ان مسألة من هذا النوع قد ظهرت في هذا الكتاب . وقد بحث كيبلر عن (الأناكلاستيك) l'Anacastique او المنحنى بحيث ان الشعاعات المتوازية تلاقي عنده انكساراً ، ثم تلتقي في نقطة واحدة . ولم يجد كيبلر بين يديه كقوانين للانكسار الا جداول عديدة بدائية جداً وضعها ويتلو Witelo . ولهذا فقد وعى عدم امكانية الوصول الى شيء . ورغم ذلك فقد درس هذا المنحنى نوعياً بواسطة مماساته ، وعثر على معنى تقعره وبين ان له خطاً مقارباً (Asymptote) .

وعندها توقف عاجزاً عن الاستنتاج ان هذا هو إيبربول ابولونوس Hyperbole d'Apollonius ، منحني يشبه كثيراً . اما تعريف نيبير Néper وبنائه اللوغاريتمات فمسألة من ذات النوع .

وعلى اثر هذه الامثلة الاولى ، يمكن ذكر التحليل المجهول الذي حمل ديكارت Descartes الى بيضوياته ، والتحليل الذي اوصل رياضيي باريس الى اللولبية اللوغاريتمية .

ان تحديد مركز الثقل النوعي للمبارابولات وللباربولويد في حالة الدوران قد عولج من فرمات سنة 1635 ، بنفس العقلية . ولكن المسألة التي طرحها ف. دي بوم F.de Beaune هي الاشهر ، اذ طلب سنة 1638 ، بناء منحني انطلاقاً من خصوصية تماسية . وهذا المنحنى هو لوغاريتمية ذات محاور منحرفة . والاسلوب الذي عالج به ديكارت هذه المسألة يبحث في اعتبارات كيبلر Kepler حول « الأناكلاستيك » Anacastique .

ويلاحظ أيضاً ، انه في بعض الحالات المميزة (بارابول ، ايربول ، لوغاريتمية) ، يربط تغيير روبرفال Roberval فيما بين مسألة حساب المساحة وحساب تحديد المعاصر .

جون واليس - John Wallis ننظر الآن في تقديرات جينل جديد . كان واليس (1616 - 1703) كما تعلمنا بنفسه ، رياضياً درس على نفسه ، منذ 1647 ، بقراءة أوترد Oughtred ، وهاريوت Harriot وتوريسلي Torricelli . وكان مجاله المفضل هو مجال الحساب العددي حيث اظهر براعة كبيرة رغم انه يبني اساليبه على الاستقراء غير الكامل الذي قال عنه فرمات Fermat :

« يقترح واليس المذكور سلسلة متتالية من الكميات تبدأ بصفر (الذي يمثل النقطة) والتي تتالي بتضاعفية حسابية ، ويبحث عن الاس السبب الموجود بين مجموع الكميات المذكورة ومجموع الحدود المساوية لأكبر المعطيات .

والوسيلة التي يقدمها للعثور على هذا الاس السبب تقوم على اخذ مجاميع الكميات المختلفة للاعداد ابتداء من الاذن ، ثم مقارنة الاسات بعضها ببعض ثم استخراج قاعدة شاملة من هذا .

« وتمكن الاستعانة بهذا الاسلوب ، اذا كان تبين ما هو مقترح مخفياً ، وانه من الواجب أولاً وقبل السعي من اجل الوصول اليه ، التثبت أولاً من الحقيقة ؛ ولكن يجب توخي افضل الاساليب ثم الالتزام بالحرص والحذر اللازمين . اذ يمكن اقتراح شيء ما ، واتخاذ قاعدة ما ثم العثور على انها جيدة بالنسبة الى عدة اشخاص ومع ذلك فهي خاطئة وغير عامة ولا شاملة . » .

ان مآخذ فرمات Fermat بحق . الا ان تقدم الرياضيات سوف يتحقق من خلال هذا التواري لروحية الدقة ، التي لم تبق متمثلة الا بهويجنس Huygens ونيوتن Newton . وحتى هذان اعتبرا فعالية التقنيات افضل من تبريراتها النظرية .

ومهما يكن من امر ، يجب الاعتراف بفضل واليس Wallis لانه اظهر جدوى وقوة التقريبات العديدة غير المحدودة . فهو قد اهتم مثلاً ، بالكسور المنهجية العشرية والسينية ، وبين ان العلاقات الجذرية تولد الكسور الدورية وان الكسور الصماء غير الجذرية تولد الكسور غير الدورية . وقدم حاصله الشهير اللامحدود اللامتناهي حول التقريبات اللامحدودة $4/\pi$.

واستلظ صديقه لورد برونكر Lord Brouncker ، من نفس العدد ، تعبيراً بواسطة كسر متابع . هذا النظام الاخير للعد الذي وضعه بومبلي Bombelli ، قد عولج بصورة منهجية في بداية القرن من قبل كاتالدي Cataldi ، استاذ في بولونيا . وقدم واليس Wallis دراسة اخرى منهجية مرتبطة بالكسور العشرية . وطبقها شونتر Schwenter (1585 - 1636) عملياً سنة 1627 . واستعمل هويجنس Huygens من أجل بناء مرصده الآلي هذا الألغوريتم ، إلا أن هذا القسم من أعماله لم يعرف الا في سنة 1713 بعد موته .

السلاسل المتلاقية - ولكن المكسب الاسامي الذي حققته مدرسة واليس Wallis هو التوصل

الى السلاسل المتلاقية . ظهر التعبير باللاتينية ، بمعنى تحليلي ، عند جيمس غريغوري James Gregory (1675 - 1638) (فيراسيركولي , Vera circuli) و (إيسر بولا كوادراتورا Hyperbolae quadratura) (1667) بمفهوم مختلف قليلاً عن المعنى الذي نعطيه اياه نحن . عند غريغوري Gregory القصد هو سلاسل تعطي بأن معاً قيماً زائدة وقيماً ناقصة لقطعاً دائري ، وكل مزدوج متتال يترآكب في السابق . وعندها لا يكون من الضروري ان تلتقي السلسلة بالمعنى الحديث للكلمة . ان كلمة « تلتقي » قد أخذت عن لغة البصريات (جيمس غريغوري James Gregory كان أيضاً عالماً بالبصريات) .

إن السلاسل المتلاقية حقاً والتي استعملها غريغوري فيما بعد ، ظهرت منذ 1650 عند مانغولي Mangoli (1626-1686) وهو امستاذ في بولونيا . إلا أن هذا المؤلف عرف في الأوساط الانكليزية حوالي سنة 1670 ، وأعماله لم يكن لها على ما يبدو انعكاسات مهمة .

ان نيكولا مركاتور Nicolas Mercator (كوفمان) Kauffman المولود سنة 1620 ، في هولستين Holstein ، والمتوفى في باريس سنة 1687 هو الذي اطلق حقاً هذه التقنية المهمة جداً . ففي كتابه المسمى لوغاريتمو تكنيكا Logarithmotechnia ، المنشور سنة 1668 في لندن ، وجد مساحة الإيبربول ، وذلك عن طريق الاختزال أولاً في سلسلة جيومترية $(1 + x)^{-1}$ ثم بدمج الحد بالحد وفقاً لاسلوب واليس Wallis . وقد عثر هذا الاخير وبذات السنة على نتائج مشابهة نشرها سنة 1670 .

وقد كان لاسلوب نجاح باهر ، وخلال بضع سنوات برع به جامس غريغوري James Gregory ونيوتن وليبنيز Leibniz ، والامتياز يعود حتماً الى امحقاق نيوتن Isaac Newton الذي عثر على السلاسل لا بالقسمة فقط ، بل بلذي الحدين Binôme الذي يحمل بحق اسمه ، بالنسبة الى المضعفات Puissances القياسية النسبية لـ $(1+x)$. وكشف سنة 1676 ، وبعد مدة طويلة من الاكتشاف ، أنه عثر على تطويرات القوس الأجوف (x) . والقوس الأجوف المقلوب x وجبب التمام x الخ ، وسلاسل مماثلة بالنسبة الى قوس القطع الناقص (Ellipse) وحتى بالنسبة الى أهلة Segments وأقواس تربيعية دينوسترات (Dinostrate) ، إذا لم نكن بعد قد توصلنا الى الحساب اللامتناهي الكلاسيكي فإننا قد اقتربنا منه كثيراً .

هويجنس - Huygens يختلف هويجنس Huygens ، كرياضي ، تماماً عن واليس Wallis . وهو ، أكثر من كافاليري Cavalieri او من تورشلي Torricelli ، حصيلة تربية اكاديمية متطورة جداً . ذلك ان تلميذي كاستلي Castelli قد حرما للاسف من تأثير فيات Viète . وبالعكس كانت مجموعة تلاميذ شوتن Schooten قد تلقت زيادة على تأثير الكلاسيكيين الكبار من الاغريق ، تأثير فيات Viète ، وتأثير ديكارت Descartes بصورة مباشرة ايضاً وأكثر حداثة . فقد كان شوتن Schooten هو ناشر الرياضيين الكبارين وكان التلميذ المباشر لديكارت .

وبعد ان اجتمع هذا التأثير المبارك بعبقريه التلميذ ، اعطى النتائج الحلوة التي حصل عليها هود

Hudde، أو فان هورات Van Heuraet. وعندما التقى هذا التأثير بالعقريّة، كان هويجنس Huygens (1629 – 1695). ولن ندرس هنا الا المظهر الرياضي الخالص لعمل هذا العالم العالمي، رغم احساسنا بكل ما في هذه الطريقة من اصطناع، كما سحسحه تجاه نيوتن الذي يشبه هويجنس Huygens بكثير من النواحي. فقد كان هويجنس يجمع الى جانب القدرة على الاختراع عظمة، احساساً بالجمالية الرياضية متطوراً جداً. فهذا الميل الى الاناقة والى الدقة حمله على ان لا ينشر الا الانجازات الكاملة، ولذا كانت منشوراته متأخرة دائماً؛ ولهذا كان من الواجب دراسة رسائله من اجل معرفة تحليل اختراعاته. واشهر كتبه (أورولوجيوم أوسيلاتوريوم Horologium Oscillatorium، باريس 1673) يعرض اكتشافات حول الرقاص امتدت طيلة عشرين سنة؛ فهو يبين كيف يتصرف الرياضي الأصل تجاه إغراءات التجربة.

وكان الشاب هويجنس يتغني هدفاً تقنياً: تكييف الرقاص، مع توقيت الساعات. وقد لاحظ ان توقيت التآرجحات ليس مطلقاً كما اعتقد غالبه. ولكي يصحح عدم التوقيت اعتمد اسلوب تخفيض اوتوماتيكي لطول الرقاص عندما يتسع مدى التآرجح. وهذا التخفيض يتم بفضل قوسين مقعرين بصورة منهجية حول نقطة ربط الخيط بحيث يلتف هذا الخيط حولها بصورة جزئية. حتى الآن نحن ضمن اطار التقنية الخالصة التجريبية وان بدت انيقة جداً.

ولكن الرياضي لم يكن راضياً. ماذا يجب ان يكون عليه مسار النقطة الوازنة حتى يكون التوقيت مطلقاً؟ نصادف هنا احد الامثلة الاولى من المسائل التي سوف يطرحها عدد كبير من الرياضيين وخصوصاً تلامذة ليبنز Leibniz.

اما مسمى هويجنس في الاختراع فمختلف تماماً عن مسماه في عرضه لسنة 1673. فقد قام بدراسة اولى استعمل فيها تقنيات غالبه عندما يكون المسار قوس دائرة. وعندما عاد الى التكامل المباشر (بين اللامتقسمات) الذي ادخل ما سيكون فيما بعد العلاقات او الوظائف الاهليلجية (البيضاوية)، احل هويجنس Huygens المسار بيارابول شديد المماس (Surosculatrice) (ذكره حرفياً سان فانتسان de Saint – Vincent، سنة 1647، مع ان التعبير يعود أصلاً الى مدرسة ليبنز). وهكذا رُدّ الى

التكامل $\int_0^h \frac{dz}{\sqrt{z(h-z)}}$ هذا التكامل عرف بفضل تغير روبرفال Roberval، وانما يجب ان يكون المرء على اطلاع على مناهج ديكرات Descartes حتى يرى هذه العلاقة. وهذا التكامل يعبر عن التوقيت الكامل. فما هو اذن المسار الذي يعبر بدقة عن هذا التكامل؟

ولكن كنّا في سنة 1658، في عصر تحدي باسكال Pascal لكل الرياضيين في العالم حول الروليت. هذا المنحنى الذائع الصيت هو الذي قدم الحل حلاً: المسار يجب ان يكون سيكلويداً. الروليت - ربما نكون قد عدنا الى المنحنى الاكثر اهمية من بين المنحنيات كلها التي درست في القرن 17. يعرض باسكال Pascal بشأنه توضيحاً رائعاً حول تقنية اللامتقسمات فيستخرج اقصى ما فيها ويصل بها هنا الى الذروة. ولكن رن Wren (1932) – (1632) الذي اعاد بناء لندن،

كمهندس معماري، بعد حريقها الكبير، صرح قوس السيكلويد البسيط. وحالاً بين باسكال وPascal ان اقواس النوعين الآخرين من السيكلويد يردان الى اقواس اهليلجية بيضاوية. وبين فرمات وFermat ان المنحنيات المستخرجة من الروليت بالتجاذب العامودي تتقوم اما بواسطة اقواس دوائر او بواسطة اقواس بارابولات.

وتقدم تقويم اقواس المنحنيات، الشائع كثيراً، تقدماً آخر ملحوظاً. إذ بذات الوقت تقريباً، وبلاستقلال التام. قوم تلميذ واليس Wallis، و. نيل (1637 - 1670) W.Neil، والمولندي هندريك فان هورات Hendrik Van Heuraet وفرمات Fermat البارابول نصف المكعب ($ay^2 = x^3$). وقدم فرمات فضلاً عن ذلك مذكرتين جيدتين، نشرت الاولى في كتب صديقه لالوبر Laloubère (1600-1664) حول اقواس المنحنيات، والثانية، التي لم تنشر من قبل ابنه إلا في سنة 1679، حول أساليبه في التكامل. وكانت الاثنان رائعتين دقة وأناقة فتجاوزتا تماماً المستوى الذي توصل اليه باستكمال. وفي المذكرة الثانية يوجد التكامل المباشر بالسلسلات الجيومترية. هذا الاسلوب المتأخر نوعاً ما عند فرمات، ربما اوحى اليه بالتبين الذي قدمه روبرفال Roberval (1643) وبمقترحات توريسيلي Torricelli حول « الكونويد Conoide الحاد ». ويعرض القسم الثاني من المذكرة وسائل تحليلية لتغييرات المتكاملات، انيقة جداً، ولكنها صعبة التبع، لان التعابير كانت يومئذ غير كاملة.

كل الناس كانوا يستعملون عندئذ المثلث المميز الذي اكتشفه ليبنيز Leibniz وهو يقرأ باسكال Pascal، سنة 1673، بناء على نصائح هويجنس Huygens، في كتاب جيوب (سينوس) ربع الدائرة. وقد احسن الافادة منه، ولكن دتوفيل Dettonville بالذات استعمله في ظروف اخرى مثلاً في كتابه الى هويجنس حول « حجم الخطوط المنحنية في الروليتات ».

المتطورة والمطورة - نعود الى هريجنس والى دراساته حول الرقاص، لقد توصل، عن طريق المعدات الرياضية في عصره، معدات كانت تزداد رهافة، الى الشعور على المنحنى المتواقت (الايذوكروني). وبقي عليه، بعد ذلك، ان يجد اللويحات التي تنتظم طول الخط حتى تستطيع كتلة الرقاص البسيط ان ترسم تماماً الروليت. وبعد بقاء الخط عامودياً على المسار، جُرَّ الى دراسة المتطورات والمطورات، وهي نظرية اسسها وسار بها الى نتائجها القصوى. وحدد متطورة المخروطات وبين ان متطورة منحنى هندسي هي بذاتها هندسية وقابلة للتصويب جبرياً وان متطورة السيكلويد هي سيكلويد مساو.

نيوتن-Newton ولكن رجلين، نيوتن وليبنيز Newton et Leibniz، بعد ان ورثا من كبل اعمال القرن قاما باستخلاصها والتأليف بينها واستخراج حسابات جديدة منها. واصبح هويجنس Huygens، في اواخر ايامه، واحداً من منافسيها، ومنافساً صديقاً وخيراً بالنسبة الى تلامذتها الأوائل.

ونيوتن في الرياضيات يقرب كثيراً من هويجنس، وله مثله، معارف اساسية متينة. ومن حيث

تكوينه العام، يستحق ان يقارن بصديقه وسابقه على النبر اللوكازي Lucasienne في كمبريدج، اسحاق بارو (1630 – 1677) Isaac Barrow. كان هذا الاخير ذا ثقافة كلاسيكية عظيمة ، واعطى ونشر مختصرات ممتازة للرياضيين الاغريق. وه محاضراته الرياضية « درست بعمق بالغ اسس العلم. وفي « محاضراته الهندسية » 1670 بين العلاقة بين المسألة المعكوسة للمماسات والتريعات .

وعرف نيوتن مثل بارو Barrow، وبعمق الكلاسيكيين الاغريق العلميين مع اعجابه وانجذابه نحو علماء العصر. وقد استوعب تماماً ديكارت Descartes. وتعتبر دروسه التي نشرها تحت عنوان « الحسابات الكونية » (1707) خير دليل على ذلك. اذ هي تشكل، بنوع من الانواع، تفسيراً وتممة للجيومتريا .

ودراماساته حول المنحنى من الدرجة الثالثة، والمستوحاة، ربما، من انتقادات فرمات حول تصنيفات ديكارت، تنمي تقنيات الهندسة التحليلية وتظهر كل فعاليتها . وكتابه الاساسي « برانيسيا » Principia يعتبر من ناحية الرياضيات البحتة ، كنزاً لا يثمن ، فيه اختصر المقدمات الهندسية في عصره وعصور الاقلمين .

وفي حوالي سنة 1665 خطرت لنيوتن أولى أفكاره حول حساب التفاضل ، واكتشف توسيعه لنذي الخدين . ولكنه لم يسلم مكتشفاته للطباعة سوى متأخراً جداً . وقد ضمن أفكاره حول الحسابات الجديدة في كتابه الكبير حول نظام الكون : « الفلسفة الطبيعية لمبادئ الرياضيات » ، 1687 ، وفي محاولاته ، تحليل المعادلات ذات الحدود اللامتناهية » الذي كُتب سنة 1669 ، ولكن نشر سنة 1711 ، « طريقة التفاضلات والسلاسل اللامتناهية » الذي كُتب باللاتينية سنة 1671 ولكن ترجمه إلى الإنكليزية جون كولسون John Colson وطبع بهذه اللغة سنة 1736 ، وكتاب «Tractatus de quadratura Curvarum» ، الذي كُتب سنة 1693 وطبع سنة 1704 كملحق لكتابه عن البصريات «Opticks» . وفي كتابه الأخير هذا صرح بما يلي :

« لا اعتبر المقادير الرياضية وكأنها تتألف من اجزاء متناهية الصغر ، بل وكأنها مرسومة بحركة دائمة . والخطوط لا ترسم وتتولد لا بفعل تراكم اجزائها ، بل بفعل الحركة الدائمة للنقط ، والمساحات بفعل حركة الخطوط ، والاحجام بفعل حركة السطوح او المساحات ؛ والزوايا بفعل دوران الاضلاع ، اما الزمن فهو وليد تيار دائم . واعتبر اذاً ان الابعاد التي تنمو في ازمة متساوية هي اكبر او اصغر بحسب ما اذا كانت تنمو بفعل سرعة اكبر او اصغر ، واني افتش عن طريقة من اجل تحديد الابعاد سنداً لسرعات الحركات او التزايد الذي يولدها . وسميت دفعات (Fluxions) او تدفقات سرعات هذه الحركات او التزايدات ؛ في حين سميت المقادير المولدة « متدفقة » ، وقعت، في حوالي السنتين 1665 – 1666 ، على طريقة التدفقات التي سوف استعملها في تريبع المنحنيات » .

اذا افترضنا x القيمة المدروسة ، المتدفقة فان تدفقه يمثل بـ \dot{x} ، واذا كان المتغير المستقل، الزمن في الصورة الفيزيائية المعتمدة من قبل نيوتن Newton، له عزم ، او تزايد متناهي الصغر (صفر) فعزم x يكون $(\dot{x} \cdot 0)$. وهكذا يبدو التدفق النيوتي تماماً كمشقتنا الحاضر . وتدفع التدفق يرمز اليه بـ \dot{x} ، الخ .

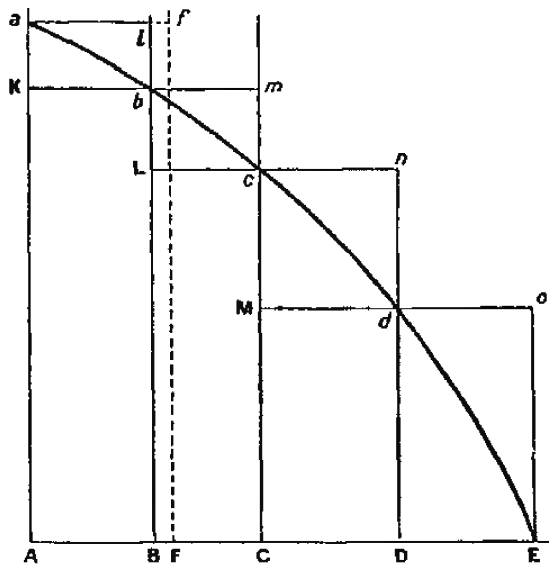
والمقدار الذي يقبل به x كتدفق تكون متدفقته هكذا $[x]$ أو x' أو x'' ولوغاريثم حساب التدفقات يرتكز على البحث عن تدفق حاصل الضرب. واستنتج نيوتن من ذلك مثلاً، في المقدمة اللوغاريتمية II، كتاب II من « البرانسيبيا » Principia (المبادئ) ان التدفق الناتج عن :

$$maA^{m-1}B^nC^p + nbA^mB^{n-1}C^p + pcA^mB^nC^{p-1}$$
 هو :
 إذا كانت a و b و c هي تدفقات A و B و C وهذا مهما كانت الأسات m و n و p صحيحة أم كسرية ،
 إيجابية أم سلبية .

وافكار نيوتن Newton في عمقها قريبة نوعاً ما من افكار لينيز Leibniz. الا ان عرضه، وان لم يصل الى الدقة الحالية، يبدو اكثر حذراً من عرض منافسه. انه يوضح تصورات، دون ان يدخل ملاحظاته، في مطلع (المبادئ) ضمن ما يسميه « منهج الاسباب الاولى والاخيرة ». فهو يعلن ويقرر المقدمات اللوغاريتمية التالية (وبعض تعابيرها فقط ابدلت وحدثت) :

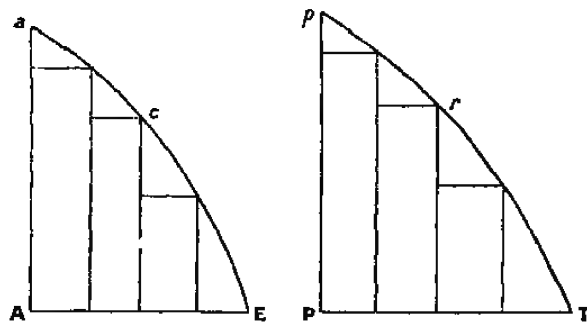
القاعدة I - ان الكميات او علاقات الكميات التي تنزع بصورة دائمة الى التساوي في زمن متناه، والتي قبل نهاية هذا الوقت، تقترب اكثر، قريباً ينفي عنها كل فرق معلوم، هي في النهاية متساوية .

وان انكر احد ذلك، وقال انها غير متساوية، وان فرقها الاخير هو D ، فإنها لا تقترب من التساوي اكثر من الفرق D ، وهذا ينافي الطرح .



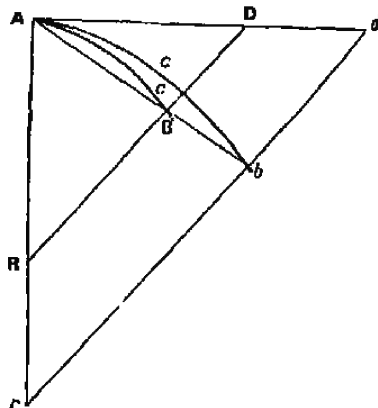
صورة 19 .- صورة القاعدة II من « مبادئ » نيوتن

القاعدة II - إذا رسمت ضمن رسمة ما (Aa cE) واقعة بين المستقيم Aa وAE والمنحني a b E، متوازيات عدة Ab وBc وCd: . . ذات قواعد متساوية AB وBC وCD وDE واضلاها Cc وDd الخ . موازية للضلع Aa من الرسمة ، وإن أكملنا متوازيات الأضلاع aKbI وbLcm وcMdn الخ ، ثم إذا كانت قواعد المتوازيات أخذت تتناقص إلى ما لا نهاية في حين أخذت أعداد تنازيد إلى ما لا نهاية ، أقول أن العلاقات الأخيرة القائمة بين الرسمة المدموجة AKbLcMdD والرسمة الدائجة Aalbmcndo والخط المقعر AabcdE هي علاقات مساواة (الصورة 19)



صورة 20 . - صورة القاعدة IV من « المبادئ »

لأن الفرق بين الصورة المدموجة والصورة الدائجة هو مجموع المتوازيات KI، Lm وDo أي، بما أن كل القاعدات متساوية ، فإن المستطيل الأساس Kb، ذا الارتفاع المكون من مجموع الارتفاعات Aa، هو المستطيل ABla، ولكن هذا المستطيل ، ذا القاعدة AB التي تتناقص باستمرار، هو أصغر من كل مستطيل معين . وإذن ، بموجب القاعدة 1 ، تكون الرسومات الداخلة والمحيطة ، وبصورة أولى الرسمة المحدودة الوسيطة متساوية في النهاية .



صورة 21 . - صورة القاعدة VII من « المبادئ »

القاعدة III ان «نفس الروابط هي في النهاية روابط تساوحى ولو كانت قواعد متوازي الاضلاع (AB, BC, CD) الخ غير متساوية وتتناقص بدون خد. نفترض بهذا الشأن AF تساوي القاعدة الاكبر ونفترض اكمال متوازي الاضلاع (FAaf). ان هذا الاخير اعلى من الفرق بين الرسومات الداخلة والرسومات الخارجة (بالنسبة الى الدائرة)، وقاعدته AF تتناقص باستمرار، فهو اصغر من كل مستطيل معين». وبلي ذلك بعض اللزوميات او النتائج الطبيعية.

القاعدة IV - اذا تضمن شكلان AacE و PprT سلسلتين من متوازيات الاضلاع بنفس العدد، وانه عندما تضاعف القاعدات الى اللانهاية، فان النسب الاخيرة فيما بين متوازيات احدي السلسلتين، مع مقابلتها في الاخرى، تكون متساوية فيما بينها، واقول ان الشكلين او الرسمتين AacE و PprT هما فيما بينهما بنفس هذه النسبة (صورة 20). ونحن لا نورد التبيين القصير جداً، فالقاعدة الخامسة تؤكد، بدون اثبات، انه في رسمتين متماثلتين، تكون الاطوال المتوافقة، مستقيمت او منحنيات، متناسبة، في حين ان المساحات تكون فيما بينها بنسبة مضاعفة لنسبة الاطوال. والقاعدة 6 تصرح بان زاوية المماس لمنحنى، ولوتر متلاشٍ، هي بذاتها متلاشية، وآلاً لما كان للخط في النقطة المعبرة انحناء متتابع.

القاعدة VII - بعد وضع هذا، اقول ان النسبة الاخيرة بين القوس والوتر والمماس، فيما بينها هي نسبة مساواة. اذ بينما تقترب B من النقطة A، نتخيل AB و AD ممدودين حتى bd، في حين يظل القاطع BD موازياً لـ bd. نجر القوس Acb مشابهاً دائئاً للقوس ACB. وعندما تطابق النقطة A والنقطة B فان الزاوية : dAb، سنداً للقاعدة السابقة، تتلاشى، والمستقيمان المتناهيان Ab و Ad والقوس الوسط Acb تتوافق فيما بينها واذاً تكون متساوية. ولهذا يكون المستقيم AB و AD، والقوس AcB، المتناهية والمتناسبة معها، ذات صلات تنتهي عند المساواة.

هذه الامثلة تبين طريقة «الاسباب الاولى والاخيرة» التي وضعها نيوتن في مطلع كتابه المبادئ، حتى يتجنب طريقة القدماء الثقيلة والدقيقة، مع عدم استعماله اللانقسامات التي قال بها كافاليري Cavalieri. وهذه الطريقة الاخيرة، «ضعيفة الجيومترية»، و«صعبة التصديق».

نلاحظ مع ذلك ان نيوتن Newton ظل اميناً في المبادئ، عند تحديد جاذبية الكرة مثلاً على جسيم صغير، ظل اميناً للتجميع المباشر عند حساب متكامل معين. بل انه استعمل لغة شبيهة بلغة اللانقسامات، ذلك انه اعتبر نفسه محولاً استعمال قواعده. ورغم رهافة هذه الاساليب النادرة، فقد ظلت تعتبر لمدة طويلة معيبة في عمل العالم الكبير. الا ان شال Chasles دافع عنها في كتابه «نظرة تاريخية» مؤمناً بحق في تفوق بعض الاساليب الهندسية المباشرة على الاساليب التحليلية واليوم يمكن تكريم نيوتن كسباق في الحساب التوجيهي وفي الجيومترية اللامتناهية الصغر والمباشرة.

لينز - Leibniz نترك الفيلسوف الكبير والرياضي يتكلم. كتب في رسالة وجهها الى جاك برنولي Jacques Bernoulli في (نيسان 1703): «عندما جئت الى باريس 1672 كنت جيومترياً تعلمت على نفسي، انما قليل التجربة، ينقصني الصبر في مراجعة البيانات الطويلة. وحينما كنت طفلاً

درست الجبر الابتدائي على شخص اسمه لونيوس Lanzius، ثم درست كلافيوس Clavius؛ أما جبر ديكارت Descartes فقد بدا لي صعباً جداً. وبدا لي اني امتلأت بثقة فيها جراً بنفسي. فقد كنت انجراً على مطالعة كتب اعظم مثل كتاب الهندسة لكافاليري Cavalieri، وكتاب عناصر الخطوط المقوسة للمؤلف ليوتود Léotaud، بعد ان عثرت عليه عرضاً في نورنبيرغ Nuremberg. وارتدت ان اسبح لوحدي بدون معلم... وضعت لنفسي عندها حساباً هندسياً يعبر عن المتغيرات، بمربعات ومكعبات، دون ان اعلم ان فيات Viète وديكارت Descartes قد عالجا هذه المسألة بافضل مني. وفي هذا الجهل الكبير للرياضيات، لم اركز انتباهي الا على التاريخ والحقوق، مكرساً نفسي لدراساتها. الا ان الرياضيات كانت تعطيني تسلياً الذ. فقد كنت احب بصورة خاصة تعلم الآلات والتعرف عليها واختراعها. وفي هذه الحقبة اكتشفت آلي الحسابية. وفي هذا الوقت ايضاً قدم لي هويجنس Huygens الذي اعتقد، حسب ظني، أني أكثر قدرة مما أنا عليه، نسخة صدرت حديثاً عن «الرقاص». وكان في هذا بالنسبة الى بداية او فرصة لدرس جيومتري اكثر عمقاً. وفيما كنا نتحدث، بين لي انني لا امتلك فكرة واضحة عن مركز الثقل النوعي؛ وفسر لي ذلك بكلمات قليلة واضاف ان ديتونفيل Dettonville اي باسكال Pascal قد احسن معالجة هذه المسألة. ولما كنت انساناً مطيعاً الى اقصى حد، وانني في اغلب الاحيان، وفي ضوء بعض الكلمات من رجل عظيم، استمددت موضوع تأملات لا تنتهي، ادرت بسرعة قيمة نصائح الرياضي الكبير، لأنه سهل علي ان ارى كم كان هويجنس Huygens عظيماً. وخجلت من جهلي هذا الشيء وارتدت بجديّة دراسة الجيومترية، وظلّبت ديتونفيل Dettonville الى بيو Buot وكذلك غريغوار سان فنسان Grégoire de Saint - Vincent الذي كان موجوداً في المكتبة الملكية. وبدون تأخير درست هذه الكتب وهذه الزوايا، التي اخترعها فنسان Vincent واكملها باسكال Pascal. ورأيت بلذة هذه الملخصات والمجاميع، والمجسمات التي تنشأ عنها، وتبيناتها. كل ذلك كان يعطيني الانس اكثر مما كان يعطيني من الانتاج. وكنت على هذه الحال عندما وقعت صدفة على بيان ديتونفيل Dettonville، السهل جداً في مجاله... ولكن كم كانت دهشتي أن ارى أن باسكال Pascal وكأنه مغمض العينين بقدرة قادر: لأنني رأيت حالاً ان قاعدته يمكن أن تطبق عموماً على كل المنحنيات، رغم أن العواميد لا تلتقي عند نقطة واحدة.

وذهبت في الحال الى هويجنس Huygens الذي لم اكن قد رأيته منذ زمن وقلت له اني اتبع نصائحه، واني اهتمت الى شيء جهله باسكال Pascal وعرضت عليه قاعدتي العامة حول تقويم المنحنيات. فأظهر العجب وقال لي ان هذه هي بالضبط النظرية التي ارتكزت عليها بناءة لايجاد مساحات الكونويد البارابولي الاهليلجي والايبرولي. واضاف ان روبرفال Roberval وبوليو Bouillau قد عجزا عن اكتشافها. وبعد ان امتدح تقدمي... اقترح عليّ ان ارجع الى ديكارت Descartes وسلوز Sluse اللذين يعلمان أسلوب وضع المعادلات المحلية، وهذا برأيه مريح للغاية. وإذا فقدت عدت الى تمحيص كتاب الجيومتريا لديكارت Descartes وأضفت اليه كتاب سلوز Sluse، متخصصاً في الجيومتريا من خلال باب الخروج. وقد حفزني النجاح والكمية الرائعة من المواد التي

اتخذت تتولد امام عيني. وكتبت بذات السنة بضع مئات من الصفحات، وقسمت عملي الى قسمين، القابلة للتخصيص وغير القابلة للتخصيص او المعينة وغير القابلة للتعين. في المعينات الحقت كل ما اشتقته من المصادر التي استقى منها كافاليري Cavalieri وغولدين Guldin وثوريشلي Torricelli وغريغوار سان فانسان Grégoire de Saint - Vincent وباسكال Pascal، مقتطفات المقتطفات او مجاميع المجاميع، والانتقالات... والاسطوانات المتسورة... أما غير المعينة فالحقت بها كل ما حصلت عليه من استعمال هذا المثلث الذي سميت به بعد ذلك المميز؛ واستخرجت اشياء اخرى مماثلة. وبدأ لي ان هويجن Huygens واليس Wallis كانت لهما الاسبقية بالفكرة الأولى. وبعد ذلك بقليل، وقع بين يدي جيومتريا جيمس غريغوري James Gregory. فرأيت فيه نفس الفن (وان كان غامضاً بفعل تبنائه وفقاً للأسلوب القديم)؛ واخيراً قرأت بارو Barrow، ووجدت فيه مختصراً للقسم الاعظم من قواعددي. ولم اناثر لاني رأيت في ذلك لعبة، حتى بالنسبة الى جديد، تعلم هذه المعلومات وحذفها مرة واحدة. ثم رأيت انه توجد اشياء اعلى ايضاً، ولكن من اجل تفسيرها، لا بد من طريقة جديدة في الحساب. وعندها صنعت تربيعي الحسابي واشياء اخرى مشابهة استقبلها الفرنسيون والانكليز بخماس. ولكنني لم اجد هذا العمل جديراً بالنشر. لقد شبت من هذه السخافات، عندما رأيت المحيط ينكشف امامي. وتعرف جيداً كيف حصلت الاشياء فيها بعد ورسائل التي نشرها الانكليز بانفسهم خير دليل على ذلك».

وعقدار ما كان لـ Leibniz تلميذاً لأي أحد فهو قبل كل شيء تلميذ هويجن Huygens الذي سدد خطواته الأولى وهو بقراءته تلميذ كل الجيل الذي سبقه انه تلميذ كافاليري Cavalieri كما هو تلميذ غريغوار سان فانسان Grégoire de Saint - Vincent، وتلميذ ديكارت Descartes وسلوز Sluse، وباسكال Pascal وغريغوري Gregory وبارو Barrow. والكاتب الوحيد الذي خلص منه في تلك الحقبة هو فرمات Fermat. ولكن هويجن Huygens مشبع بأفكار فرمات Fermat كما هو مشبع بأفكار ديكارت Descartes أو غاليليه Galilée.

ومهما يكن من امر، استخرج لـ Leibniz بوضوح مبادئ الحساب التفاضلي، واوجد ترقياً متازاً (وقد كان لهويجن Huygens ترقيم فيما يخص متاهيات الصغر من الدرجة الأولى، ولكنه لم ينشر ترقيمه). وعرض لـ Leibniz اللوغاريثم المقابل، وحدد هوية المسألة المعكوسة للمماسات وماهاها مع مسألة التكامل. وبهذه الطريقة تم تأسيس الحساب التكاملي والتفاضلي.

عرضت افكار ومفاهيم لـ Leibniz في مذكرتين نوفا ميتوديس Nova methodus... (اكتساريدوتوروم Acta eruditorum 1684) و«جيومتريساريكونديتا De geometria recondita... (اكتاريدوتوروم Acta eruditorum 1686).

ونجد في الكتاب الاول الطريقة لتفريق كل نوع من الكميات العقلانية الجذرية، وغير الجذرية، الكاملة او الكسرية. وطبق لـ Leibniz طريقته على مسألة فرمات Fermat حول مسار شعاع ضوئي بين مكانين مختلفين، واثبت ان منحني ديوم de Beaume ينقلب الى اللوغاريثمية. وفي الكتاب الثاني عرض القواعد الاساسية لحساب التكامل.

ولكن بعد 1675، كما تذكر أوراقه أصبحت ترقيماته ومبادئه ناجزة. وفي رسالة إلى الأب كونتي Conti، كتب يقول :

« كنت جديداً على هذه المواد، ولكني سرعان ما اكتشفت طريقي العامة من خلال سلاسل عشوائية، وأخيراً دخلت في حساباتي التفاضلية، حيث ساعدتني ملاحظاتي أثناء صغري حول الفروقات بين سلاسل الأرقام على فتح عيني. لأنني لم أصل عن طريق تشابك الخطوط، بل عن طريق الفروقات بين الأعداد، باعتبار أن هذه الفروقات إذا طبقت على المقادير التي تتزايد باستمرار، تتلاشى إذا قورنت بالمقادير المختلفة بدلاً من أن تبقى ضمن الأعداد (لأن الأعداد تقفز أو تنقص بقفزات). واعتقد أن هذه الطريقة هي الأكثر تحليلاً، ذلك أن الحساب الجيومترى للفروقات والذي هو نفس حساب التدفقات لم يكن إلا حالة خاصة في الحساب التحليلي للأرقام عموماً. وهذه الحالة الخاصة تصبح أكثر سهولة بفعل التلاشي ».

وربما كان كتاب ليبنز إلى جان برنولي Jean Bernoulli أكثر تعبيراً عن أسلوبه فقد كتب له جان برنولي يخبره عن اكتشاف- سلسلة، ليست في عمقها إلا كتابة أخرى لسلسلة تايلور. وقد عرض برنولي في رسالته سلسلة حصل عليها بواسطة طريقة قريبة من التكامل بالأجزاء وفيها :

$$In\,dx = nx - \frac{1}{1.2} x^2 \frac{dn}{dx} + \frac{1}{1.2.3} x^3 \frac{d^2n}{dx^2} - \frac{1}{1.2.3.4} x^4 \frac{d^3n}{dx^3} \text{ etc.}$$

وبين 6 - 16 كانون أول 1694 أجابه ليبنز بأنه تأمل في باريس، أعمال دتوفيل.

نفترض سلسلة متناقصة : $a, b, c, d, \text{ etc.}$
 إن فروقاتها الأولى هي : $e, f, g, h, \text{ etc.}$
 وفروقاتها الثانية : $i, m, n, o, \text{ etc.}$
 وفروقاتها الثالثة : $p, q, r, s, \text{ etc.}$
 وفروقاتها الرابعة : $t, u, v, x, \text{ etc.}$
 وفروقاتها الخامسة : $\beta, \gamma, \delta, 0, \text{ etc.}$

$$a = e + f + g + h, \text{ etc.} = 1\,i + 2\,m + 3\,n + 4\,o, \text{ etc.}$$

$$= 1\,p + 3\,q + 6\,r + 10\,s, \text{ etc.} = 1\,t + 4\,u + 10\,v + 20\,x, \text{ etc.}$$

ومن جهة أخرى :

$$e = e; f = 1\,e - 1\,i; g = 1\,e - 2\,i + 1\,p; h = 1\,e - 3\,i + 3\,p - 1\,t,$$

وهكذا دواليك.

فإذا وضعت هذه القيم في : $a = e + f + g + h, \text{ etc.}$ ، يأتي :

$$a = 1\,e$$

$$1\,e - 1\,i$$

$$1\,e - 2\,i + 1\,p$$

$$1\,e - 3\,i + 3\,p - 1\,t$$

$$1\,e - 4\,i + 6\,p - 4\,t + 1\,\beta$$

$$\text{etc.}$$

ولكن في الحساب التفاضلي نضع y بدلاً من a ، وبدلاً من e ، l ، p ، t ، β نضع fy ، ddy ، d^3y ، d^4y ، d^5y . الخ .
بدلاً من الوحدة نضم dx بشكل يكون معه :

$$1 + 1 + 1 + 1 \dots = x; 1 + 2 + 3 + 4 \dots = \int x;$$

$$1 + 3 + 6 + 10 \dots = \int \int x, \text{ etc.}$$

$y = dy \cdot x - ddy \int x + d^3y \int \int x - d^4y \int \int \int x$, etc. : فنحصل على

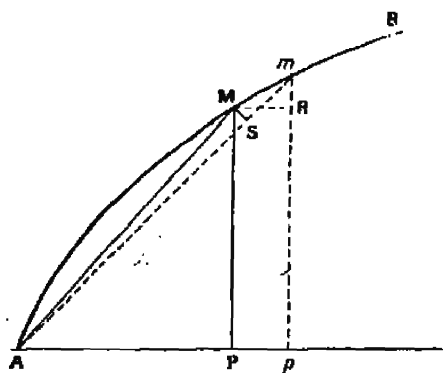
$$\int x = \frac{1}{1.2} x^2; \int x^2 = \frac{1}{1.2.3} x^3; \int x^3 = \frac{1}{1.2.3.4} x^4, \text{ etc.,} \quad \text{ولكن:}$$

$y = \frac{1}{1} x \frac{dy}{dx} - \frac{1}{1.2} x^2 \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{1}{1.2.3} x^3 \frac{d^3y}{dx^3}$ etc.» ومنها بعد اعادة الانسجام

ولتوضيح المظهر النهائي تقريباً لمهايم لينيز Leibniz بخصوص الحساب التفاضلي، سنأخذ بعض المقاطع من « تحليل الاعداد المتناهية الصغر » للمركز دي لويثال . ويذا الكتاب الذي نشر سنة 1696 واضحاً جداً ، فقد عرض مبادئ هذا الحساب ، كما قال بها جان برنولي Jean Bernoulli الذي علمها للمركز سنة 1691 .

تعريف 1 - نسمي كميات « ما بأنها » متغيرات « تلك التي تتزايد او تتناقص باستمرار. وبالعكس نسمي كميات « ثابتات » = ثوابت « تلك التي تبقى هي هي في حين تتغير الكميات الاخرى حولها . من ذلك انه في البارابول تكون المَطَبَقَات (الصاديات) والمَقْطُوعَات (السينيات) كميات متغيرة في حين ان البارامتر هو كمية ثابتة .

تعريف 2- والجزء المنتهي الصغر الذي يزيد او ينقص في كمية متغيرة ، وباستمرار يسمى « الفرق ».



صورة 22. - صورة التعريف 2 من « تحليل الأعداد
اللامتناهية الصغر »

نفترض مثلاً خطأ منحنيًا AMB له محور أو قطر الخط AP، وأخذ مطبقاته المستقيم PM، ونفترض وجود مطبق آخر pm متناهي القرب من الأول. بعد هذا الطرح، ان سحبنا الخط MR موازياً لـ AP والوترين AM وAm، ثم نوصل من المركز A والفرجة AM، القوس الصغير الدائري MS : يكون Pp هو فرق AP وRm فرق PM وSm فرق AM وMm فرق القوس AM. ويكون المثلث الصغير MAm وقاعدته القوس Mm، فرق القسم AM وتكون الفسحة الصغيرة MPpm فرق

الفسحة الواقعة بين المستقيمين AP و PM والقوس AM . (صورة 22) .

المسألة 1 - من المؤكد ان الفرق في كمية ثابتة معدوم أو يساوي صفراً (أو أيضاً) ان الكميات الثابتة ليس لها فرق .

تنبيه - نستخدم فيما بعد الإشارة او الميزة d للتدليل على فرق كمية متغيرة نعبر عنها بحرف واحد . ولتفادي الإبهام فان هذه الملاحظة ليس لها استعمال آخر في تمة الحساب هذا . وان سمينا مثلاً المتغيرات : x, AP, y, PM, z, AM, u ، وسمينا القوس AM, u ، والفسحة الواقعة بين الخطوط s, AMP ، والقطعة الوتر t, AM : عندها تعبر dx عن قيمة Pp و dy عن قيمة Rm و dz عن القيمة Sm و du عن قيمة القوس الصغير Mm و ds عن الفسحة الصغيرة $Mppm$ و dt عن المثلث الصغير MAM .

I - المطلوب او الافتراض - المطلوب امكانية تبادل ، دون فرق ، كميتين لا تختلفان فيما بينهما ، الا بفارق متناهي الصغر : او (ما يعني الشيء نفسه) بكمية لا تزداد ولا تنقص الا بكمية أخرى متناهية الصغر بحيث تظل الاولى تعتبر وكأنها هي . يُطلب ، مثلاً ، اذا كان بالامكان اخذ Ap مكان AP و pm مكان PM والفسحة Apm وكانت الفسحة APM ، والفسحة الصغيرة $Mppm$ مكان المستطيل الصغير $PMpR$ والقطعة AMm مكان المثلث الصغير AMS والزاوية mAp مكان الزاوية MAP ، الخ .

II - مطلب او افتراض - المطلوب امكانية اعتبار خط ما وكأنه تجمع عدد لامتناه من الخطوط المستقيمة ، كل واحد منها متناهي الصغر (او ما يعود الى نفس الشيء) كأنه متعدد الاضلاع ، ذو اضلاع لا متناهية العدد ، كل ضلع منها متناهي الصغر ، وهذه الخطوط تشكل ، عن طريق الزوايا الموجودة بينها ، انحناء الخط . ويطلب على سبيل المثال ، ان يكون الجزء من المنحنى Mm وقوس الدائرة MS معتبرين كخطوط مستقيمة بسبب تناهي صغرها ، بحيث يكون المثلث mSM وكأنه مستقيم » .

الملفت بالدرجة الاولى هو السمة الملموسة والجيو مترية ، لهذا التصور الاول للحساب التفاضلي ولم يكن لـ Leibniz قد توصل بعد الى استخراج المفهوم المجرد للوظيفة (العلاقة) . وقد توصل اليه بعد ذلك بقليل مع جان برنولي Jean Bernoulli ، وكان هذا احد اجمل عناوين مجدهما . رغم ميل البعض الى تنامي هذا الامر .

ونلاحظ فيما بعد الطلاقة في عرض المطالب . فالجيل السابق قد اوضح ورتب كل هذا ، بشكل صالح في أغلب الاحيان ، ولكنه تردد أمام التأكيد العام المطلق . وبالنسبة لليبنز نجدنا في مواجهة وقائع مكينة بما فيه الكفاية بحيث يمكن اخذها كنقاط انطلاق دون الاضطراب حول تبريرها الذي يتم بصورة لاحقة ، من خلال نجاح المنهج

وقد اقر ليبنز Leibniz في اول الامر مجاميع وحاصلات ضرب وقسمة . ففيما خص حاصلات الضرب تم وضع :

$$(x + dx)(y + dy) - xy = ydx + xdy + dxdy$$

ثم لا يحتفظ الا بالحددين الاولين اذ كما يقول لويبتال L'Hôpital ، $dxdy$ هي كمية متناهية الصغر بالنسبة الى بقية الحدود او العناصر . ومن اجل التفريق بين حاصل قسمة $x:y = z$:

$$\text{يفترض } x = yz \text{ ومنه : } dx = xdy + ydz ; dz = \frac{dx - xdy}{y} = \frac{ydx - xdy}{y^2}$$

وكذلك تفرق المثقات x^m وفيها يكون m غير محدد .

ويتوقف الغوريتم الحساب التفاضلي هنا . وهذا يكفي لرسم المماسات ، مماسات المنحنيات ، ثم العشور على الحدود القصوى والدنيا وعلى نقاط الانثناء او الارتداد ، والتراجعات ، وعلى المتطورات ، وعلى سطوح الاحراق بفضل الانعكاس ، وعلى التكسر وعلى الغلافات .

ونشير فقط الى تعريف الفروقات ذات المراتب العليا : « يسمى القسم او الحصة المتناهية الصغر التي يتزايد فرقها بالنسبة الى كمية متغيرة ، او يتناقص باستمرار ، « فرق الفرق » بالنسبة الى هذه الكمية او يسمى فرقها الثاني » . وهي تحمل عنوان او رمز ddx ، اما الفرق الثالث فيسمى $ddd x$ او $d^3 x$ الخ .

ومنذ بدأ ليبنز Leibniz في البحث ، حدد ماهية المسألة المعكوسة ، مسألة المماسات ، ومساها بالتربيع او بالتكامل . وتصوره او مفهومه للحساب التفاضلي ، جره الى هذا مباشرة . اما مسألة المماسات فقد جرده الى مراقبة « المثلث المميز » الذي تتألف ضلوعه الثلاثة من فروقات : فرق السينية dx ، وفرق الصادية dy ، وفرق القوس ds . أما المسألة المعكوسة فتقوم على الصعود من الفروقات الى العلاقات (Fonctions = دالات) . ولكن العملية المعاكسة في البحث عن الفروقات هي عملية المجاميع .

كتب يقول : « هذه الطريقة او الحساب التفاضلي ، يستخدم في الفروقات كما يستخدم في المجاميع التي هي عكس هذه الفروقات تقريباً ، كما ان الحساب العادي لا يستخدم فقط في المثقات بل يستخدم ايضا في الجذور التي هي عكس المثقات (Puissances) » .

وكتب لويبتال L'Hôpital بنفس المعنى : « قاعدة : - اذا كان هناك عدد ما من الكميات a, b, c, d, e الخ . سواء كان هذا العدد متناهياً او لا متناهياً ، وسواء كانت هذه الكميات خطوطاً أم مساحات أم مجسمات ، فالمجموع : $a - b + b - c + c - d - e$ الخ ، المؤلف من فروقات هذه الكميات يساوي الكمية الكبرى a - الكمية الصغرى e ، او يساوي ببساطة اكبرها ، عندما تكون الصغرى صفراً . وهذا أمر واضح » . (تحليل الكميات المتناهية الصغر مادة 96) .

ولكن التجميع او الحساب التجميعي هو طريقة اللامتقسمات لدى الاجيال السابقة ، وهو ايضاً

حساب المساحات والاحجام . ولكن تطور الافكار برز بوضوح عندما فضل جاك برنولي Jacques Bernoulli ، حوالي سنة 1690 ، استعمال عبارة « الحساب التكاملي » ، وذلك لكي يبين انه في هذا الحساب ، يتم البحث عن الكل انطلاقاً من الفرق أو من القسم . وهذا يعني تقديم مسألة المماسات المعكوسة على مسألة الترييع . فضلاً عن ذلك يبدو التضيق في نظر لينز Leibniz وكأنه العملية الاولى ، والابسط ، والممكنة دائماً ، ذلك ان التكامل لا يمكن ان يحصل بصورة دائمة .

« ... بما انه من غير الممكن دائماً استخراج الجذور فعلياً من اجل الوصول الى المقادير الجذرية في الحساب العام ، فانه من غير الممكن كذلك اعطاء المجاميع او التريعات من اجل التوصل الى المقادير العادية او الجبرية في التحليل المشترك . ولكن عن طريق السلاسل غير المنتهية يمكن دائماً التعبير عن مقادير مكسورة كما هو الحال بالنسبة إلى الأعداد الصحيحة ، والتعبير عن المقادير التي لا يمكن حصرها ، بالجلديات ، والتعبير عن المقادير التجاوزية بالمقادير العادية » .

واسلوب التكامل لم يعد هو الجمع المباشر ، بل اسلوب « اجمالي شامل » بحسب تعبير جورج بوليغان G.Bouligand ، ويستنتج من جدول بالفروقات ، محسوبة مباشرة ، بعد القراءة المباشرة ، جدول للمتكاملات . وتتيح التغيرات الجبرية المستوحاة من اساليب ديوفانت Diophantiennes ، وذلك في الحالات المناسبة ، إرجاع حسابات التكاملات المقترحة ، إلى قراءة هذا الجدول . وعندما لا تنجح التلمسات وفقاً لهذه الطريقة ، تغير الدالة او العلاقة المقترحة الى سلسلة كاملة يتيح الجدول دمجها حداً حداً أو عنصراً عنصراً . وعلى هذا وبخلال القرن الثامن عشر انتقل التجميع المباشر ، اكثر فاكثراً الى المرتبة الثانية ، اذ ان تكامل الرياضيات في تلك الحقبة كان بصورة ادق دالتنا الاصل .

ومن الغرابة ان ترقيم لينز، $\int f(x)dx$ ، بقي معمولاً به وهو ترقيم يذكر ، بالنسبة بالتجميع المباشر لعدد غير محدود من اعداد لا متناهية الصغر .

ومن اجل تمييز مدرسة لينز باختصار نقول ان الرياضيين الذين شكلوها يستعملون بمهارة ألوغوريتم شديد الإيجاء ، وهم يأخذون بالمقارنات وكذلك بالايحاءات التي يُوحي بها هذا الألوغوريتم . وظهرت الطريقة خصبة جداً ولكن اسسها تحتاج الى اعادة نظر جدية . تألفت المدرسة على يد مؤسسها لينز من جاك برنولي وجان برنولي ومن لويتال . وقد مكن فكر لينز التبشيري ثم استخدامه لمجلته « اكتا ايروديتورم » ، وغزارة وخصب الاخوين برنولي ، واناقة نثر لويتال ، - هذه المدرسة من ان يكون لها تأثير كبير على الفكر الرياضي .

وبالاجمال يعتبر نيوتن ولينز المخترعين للتحليل المنتهية الصغر الحديث . وقد عرفا معاً مباشرة من معارف الجيل السابق . ولكن الرغبة في الدقة غلبت على نيوتن . واوجد لينز الترقيم التفارقي او التفاضلي : dx, d^2x, d^3x, \dots ، وهو ترقيم اجمالي من بعض الجوانب ، وقد ساد خلال القرن الثامن عشر . الا ان ترقيم نيوتن حيث يلعب منهج التفاضل دوراً أساسياً ، هو الاقرب الى ترقيمات وقتنا الحاضر .

لقد اعطى لينيز للمتكاملة التقييم التالي $\int f(x)dx$ الذي يذكر بالحساب المباشر عن طريق الجمع وهو حساب الاقدمين ، كما يذكر بمنهج اللامتقسمات . . ولكن الامر يتعلق ، كما تذكر بذلك كلمة تكامل - بما نسميه بدائية ، او دالة يجب تحديدها بعد ان عرف تفاضلها ، وهذا بالضبط بمائل تماماً ، لما هو عند نيوتن [x] التي تساوى الدافقة Fluente التي يساوي دققها x .

والطريقتان تستخرجان من الجيومتريا فتنتهيان الى التحليل المجرد في القرن الثامن عشر ، والذي ساد فوق القارة ، حتى قيام مدرسة مونتج .

لقد طغى على حساب لينيز ، وكذلك على حساب نيوتن المسار الهندسي . ولم يتحرر منه الا بصورة تدريجية . واخيراً يستعمل المخترعان السلاسل في تكاملاتها بصورة منهجية .

وقد استعمل نيوتن مناهجه ، سواء في مظهرها التحليلي ام في مظهرها الهندسي ، من اجل حل المسائل الفيزيائية الرياضية والفلكية . وقد وسع لينيز والاخوان برنولي المسألة المعكوسة في المماسات واستخرجوا منها حل المعادلات التفاضلية او التفاضلية .

ومتابعة دراستنا تقتضي مباشرة مرحلة جديدة هي القرن الثامن عشر . وقد فتحها الخصمان الكبيران ، كما أغلقا بالتمجيد تاريخ الرياضيات في عصر يستحق هنا كما في مجالات اخرى بان يلقب بالقرن العظيم .

الفصل الثاني :

ولادة علم جديد : الميكانيك

في فجر القرن السابع عشر اثار علم الميكانيك بحوثاً سوف تساعد على تكوينه بخلاف القرنين اللاحقين كعلم حق . غط من بناء عقلاني لظواهرات خاصة ، أو نموذج سوف يستخدم لسلاسل اخرى من الظواهرات . هذا العلم الجديد رأى النور مع غاليليه وتضمن بصورة اساسية ، مع قوانين سقوط الاجسام ، حل مسألة حركة القذيفة في حال انعدام المقاومة في الوسط . والمسألة وحلها كانت اساسية لاكتشاف منهجية علمية حقاً ، ولكن ، عند البحث عن لغة جديدة مناسبة ، كان العلم الجديد ما يزال ضعيفاً : ومن الجدير توضيح قواعده الاولى ، ومفاهيمه ومبادئه ، ثم تفسير قوانينه العامة . ثم تطبيقها على انظمة النقط وعلى الاجسام الجامدة ، ثم توسيعها لتشمل حركة الاجرام السماوية ثم من اجل خلق ميكانيك في الاوساط المتابعة المستمرة بواسطة الهيدروديناميك او التحريك السوائلي . تلك كانت مهمة القرن 17 والقرن 18 . مهمات ضخمة لا نستطيع نحن الا رسم خطوطها الكبرى⁽¹⁾ .

I - غاليليه وتأثيره

ان الهدف الاول من هذه الدراسة هو تبيان العناصر الرئيسية لعمل غاليليه في الميكانيك .

ان التحليل الذي قام به آ . كويري A.Koyré لكتاب : « موتوليري X » De motu Libri X مؤلفه ف . بوناميكو F.Bonamico ، استاذ الفلسفة في بيزا Pisa ، يوم كان غاليليه يدرس فيها ، يتيح فهم المناخ المشبع بالمدرسية ، والذي اتصل فيه غاليليه بالعلم . وكتبه الاولى ، وبصورة خاصة دراسة لكتاب « دي موتو » De motu مكتوبة في بيزا بين 1589 و1591 ، تحمل أثراً واضحاً لهذه المدرسية . أشار غاليليه الى الشبه ، بين الحديد البعيد عن النار ، والذي يعود بصورة تدريجية الى برودته الطبيعية وكذلك الى « الصفة الصوتية » التي يكتسبها الجرس المقروع ، والتي تنطفئ قليلاً

1 - لقد توفي ريني دوغاس René Dugas ، مؤلف الفصول المتعلقة بالميكانيك في القرن 17 وفي القرن 18 ، قبل ان ينتهي تماماً النص الذي كتبه ، ولذلك تولى الاب كوستابل P.Costabel اكماله ، كما تولى مراجعته في الطبعة الثانية .

قليلاً وكأنها تصادم الصمت الطبيعي للجرس ، ويعتبر غاليليه الحركة كقوة مطبوعة تضعف بصورة تدريجية في القذيفة التي انفصلت عن محركها .

ولا يكفي ان نقول انه اعتمد لنشأة الكون صفات ومشابهات ضعيفة مأخوذة عن الفيزياء الارسطية . وهذا الاخذ لم يحط من قيمته بل بالعكس رفع منها . ولكي يراجع أحكامه ويكون نظرة جديدة تجاه المصاعب وتجاه التناقضات لم يكتفِ غاليليه بتتبع اجماعات عبقريته بل اضطر الى مقاومة التكوين العلمي الذي نشأ عليه .

وكتابه « الحوار بين النظامين الرئيسيين للعالم » ، نظام بطليموس Ptolémée ونظام كوبرنيك Copernic ، المنشور في فلورنسا سنة 1632 يدل على اكتمال الطريق الفكري الذي اجتازه غاليليه . كتب هذا الكتاب باللغة الدارجة بحيث يفهمه جمهور اوسع ما يكون ، وبالاسلوب الاجمل ، اي بشكل حوار بين ثلاثة شخصيات اصيحت ككلاسيكية : سمبليسيو وهو حامل التراث وسالفياتي Salviati المصلح الحاد ، ثم ساغريدو Sagredo الرجل المثقف ذو الحس السليم المعتدل . ويهدف الكتاب بدون شك الى قيادة القارئ عبر مساعي المؤلف ، لاقتناعه بصورة جيدة . ولكنه لا يسمح بقياس كل تجارب فكر ساع الى الحقيقة . وهذا لا يمكن ان يكون الا نتيجة دراسة طويلة تناولت مصادر ثقافة واسعة جداً .

سقوط الاجسام - على نم سمبليسيو Simplicio اكد المدرسون : ان السبب في الحركة النازلة لاجزاء الارض ، كما يعلم الناس جميعاً هي الجاذبية « ويرد سالفياتي Salviati : انت تحطى يا سمبليسيو Simplicio . عليك ان تقول : ما لا يفهمه احد ، هو ان هذا السبب يسمى جاذبية . ولكن لا اسألك عن الاسم ، بل عن جوهر هذا الشيء . وباستثناء الاسم المفروض على هذا الشيء ، والذي اصبح مألوفاً بالاستعمال ، نحن لا نفهم اي شيء عن هذا الشيء ، ولا عن القوة التي تجعل الحجر يسقط ولا عن القوة التي تجعل الحجر المقلدوف نحو الاعلى ولا عن القوة التي تحرك القمر في مداره » .

هل كان غاليليه يشك ، في هذا النص التنبؤي ان ظاهرات ذات مظاهر بمثل هذا التنوع ، تربطها بنية واحدة ، الامر الذي شغل اساس بحث نيوتن Newton ؟ الامر المؤكد هو ان غاليليه قد فهم مساوئ المنهج المرتكز على الاسماء وانه وجد الرميطة في ابراز تناقضاته .

كان سمبليسيو Simplicio مثل كل الناس في اواخر القرن السادس عشر يعتقد انه اذا ثقبنا الكرة الارضية بحسب قطرها ، ورمينا كرة في هذا الثقب ، فان الكرة تصل الى مركز الارض بموجب قانون طبيعي داخل الارض فاذا وصلت الى المركز فانها تتابع حركتها .

« ولكن سالفياتي Salviati اجابه ان الحركة وراء مركز الارض ، الا تكون صاعداً ، وسنداً لتأكيداتك ، الا تكون عنيفة وضد الطبيعة ؟ وفقاً لاي مبدأ سوف نجعلها محكومة الا للمبدأ الذي يجعل الكرة تنزل نحو مركز الارض والتي تسميها انت داخلية وطبيعية ؟ » .

كان غاليليه يعرف اذاً ان لا فرق بين « الثقل » و« الخفة » وان سقوط الاجسام والحركة الصاعدة في القذائف المقذوفة نحو الاعلى يجب ان تفسر وفقاً لذات القانون الاساسي . وتأرجحات الرقاص ، وقد تأمله كثيراً، دلته على ان الحركة نحو الاعلى هي ردة فعل معكوسة للحركة نحو الاسفل . فضلاً عن ذلك لقد دحض من مدة بعيدة الاطروحة الارسطية حول استحالة الفراغ واكد في كتاب « دي موني » De motu الذي سبق ذكره انه في الفراغ يمكن تبين حقيقة سمات الثقل النوعي والحركة . واخيراً وبعد 1604 (رسالة الى بولوساري) Paolo Sarpi اكد قانون السقوط الذي ظل طيلة قرن حتى قيل : ان المسافات المقطوعة في ازمة متساوية هي مثل الاعداد المفردة بعيدة عن الوحدة . وتمسك بهذا القانون بناء على تجارب كررها مئة مرة كما قال فيما بعد في كتابه (ديسكورسي Discorsi . . . ، ليد Leyde ، 1638) . نقول بثقة اكبر ان النتائج التجريبية اعطته فكرة هذا القانون وانه عرف كيف يعزو الى مقاومة الهواء الانحرافات بالنسبة الى القانون المثالي اي الى قانون السقوط الحر في الفراغ .

وموقفه تجاه موضوع السقوط كان جديداً تماماً ، ويتضمن عناصر ثورة علمية . لقد سبق لارسطوان قال ان الجسم الساقط تسارع سرعته ، ولكنه استسلم لتفسير سببي ونوعي بأن واحد : وقد جرى الامر كذلك لان المتحرك يجب ان يعود بأسرع ما يمكن الى مكانه الطبيعي . أما غاليليه فلم يطمئن الى التمييز بين الحركات الطبيعية وغير الطبيعية ، ورفض التعرف على الاسباب الغامضة والتي لا يمكن تحقيقها . وشاهد الحركة التسارعة في السقوط ، فأدرك قانون مسافاتها بحسب الزمن المنصرم واراد ان يعرف كيف يمكن استخلاص هذا القانون الكمي ، منطقياً ، من نسبة رياضية بسيطة . هناك فرق جذري في المناخ .

ولكن غاليليه امضى وقتاً طويلاً حتى اكتشف تماماً هذه النسبة الرياضية البسيطة . ووضعا أولاً بين السرعة وارتفاع السقوط الامر الذي اقتضى جره الى قانون للمسافات مختلف تماماً عن القانون الذي يتوجب عليه تبنيه . وان هو توصل الى هذا التبين فما ذاك الا بعد اخطاء كثيرة . ولكنه تميز بانه استطاع ان يدرك بصورة تدريجية التصحيحات الواجبة ، واستطاع ايضاً ان يتخلص من تلقاء نفسه ، من مهزلة الاخطاء التي وقع فيها . وتوصل الى حل نهائي وصحيح : ان السرعة تتزايد مثل الزمن ، وهي لا تكشف سبب الجاذبية الارضية ، ولكنها تميز كمياً ، بحسب تعبيره هو ، « الاستعمال » البسيط جداً للطبيعة ، في الحركة العامودية للاجسام المقذوفة نحو الاسفل او نحو الاعلى . وهذا الاستعمال هو تسريع ثابت .

حركة المقذوفات - في حين عجز المدرسيون والميكانيكيون في القرن السادس عشر عن معالجة حركة القذائف بصورة كاملة ، استطاع غاليليه ان يحل هذه المشكلة بتحليل ممتاز ظهر من خلاله ، مع مبدأ الجمود ، مبدأ اندماج الحركات ، واستقلالية مفاعيل القوى .

والنص الاساسي بهذا الشأن ورد في « ديسكورسي » Discorsi . فهو يؤكد ان متحركاً مقذوفاً على سطح افقي ، بغياب كل عائق ، يتابع حركته المتسقة الى اللانهاية فيما لو كان السطح لا نهائياً . ولكن اذا كان السطح محدوداً ، وعندما يتجاوز المتحرك الخاضع للجاذبية طرف السطح « فانه يضيف

الى حركته الاولى الموحدة والمستمرة الشد نحو الاسفل « الذي هو من فعل الجاذبية . من هنا تنشأ حركة مركبة من الحركة الافقية ومن الحركة المتسارعة النازلة ، وبين غاليليه ان مسار القذيفة هو بارابول . ويشير على لسان ساغريدو Sagredo ان التحليل يفترض ان تكون الحركتان المركبتان « بعد اختلاطهما لا تدمر احدهما الاخرى ولا تصابان بالاضطراب ولا تحد احدهما الاخرى » . وأشار ايضاً على لسان سالفياتي Salviati بان مقاومة الهواء قد تغير المسار بالنسبة الى القذائف السريعة جداً مثل قذائف الاسلحة النارية .

يجب ان نشير هنا الى مقدار تعلق مبدأ الاستقلال المتبادل بين الحركات بالصعوبات التي اثارها نظام كوبرنيك Copernic . فاذا كانت الارض تدور حول نفسها فكيف نفسر عدم بقاء القذائف ، والعصافير والسحب « متأخرة » ؟ . هنا انحاز غاليليه بعزم الى تيار فكري متماسك ولكنه غير واضح . والتفسير المقبول الذي من شأنه ان يدهض الاعتراضات الارسطية ويفضح اوهام الحس السليم المزعوم ، هذا التفسير هو ان الجسم الطائر في الفضاء الارضي يشارك في حركة الارض ، وان هذه الحركة موجودة في هذه الاجسام ولكنها غير مرئية ، وهي بدون مفعول نسبي على الارض ، ولكنها موجودة بالتراكيب مع كل حركة تقوم بها هذه الاجسام بالنسبة الى الارض .

واذا كان مبدأ تركيب الحركات في استقلالها المتبادل قد وضع بوضوح وادرك بوضوح ، الى درجة انه لم ينجح فيما بعد الى تصحيح اساسي ، فان الامر يختلف بالنسبة الى قانون الجمود . وكما قال آ. كويري A. Koyré بحق ان غاليليه لم يستطع تصور جسم محروم من جاذبيته . وبالضبط ، ومن اجل استبعاد مفعول هذه الجاذبية فانه مضطر الى وضع الجسم فوق سطح افقي . ومع ذلك فمن الملحوظ تماماً انه عرف كيف يميز ، بعد التأمل والتجارب حول السطح المنحني ، حالة الجسم الموضوع فوق سطح افقي ، بعبارات تحمل معنى التجريدات والبداهيات المستقبلية . ولما كانت نزعة الحركة القصوى بالنسبة الى جسم معين يتبع الخط العمودي ، تتضاءل مع تضال السطح المتخذ ركيزة ، فان هذه النزعة تلغى فوق السطح الافقي الذي يمنع التفارب من « المركز المشترك الذي تنزع اليه الاشياء الثقيلة » . وعلى هذا فالجسم الموضوع فوق سطح افقي « لا يتأثر بالحركة وبالسكون وليس له بذاته اي ميل للتحرك بأي اتجاه ، وليس له اية مقاومة ضد اية حركة » . هذه اللامبالاة تجعل من الجسم المتحرك محروماً من اي سبب يجره على التوقف او على تغيير حركته . وبهذا تبقى الحركة متسقة .

وعلى العموم . يثبت الحل الذي نادى به غاليليه بشأن حركة القذائف ، مبادئ اساسية وصيغة تتضمن تطورات جديدة . فهي تمثل هذه الحركة وكأنها تتضمن بذاتها ، وبشكل عجيب الحركتين البسيط : الحركة الموحدة العارية من القوة ، والحركة المتصاعدة السرعة حيث تعمل الجاذبية الارضية بتسارع ثابت . ولكن بالضبط لأن غاليليه قد اهتم الى الحركة الموحدة بفعل حيلة من شأنها ان تستبعد فعل جاذبية الارض ، فهو لم يستطع اطلاق قانون الجمود وهو : « النقطة المادية المعزولة هي في حركة مستقيمة وموحدة » .

تأرجح الرقاص - يريد التراث ان ينسب الى غاليلي اكتشاف نواقت التارجحات في الرقاص

سنة 1583 وهو يتأمل اللهب المعلقة في كاتدرائية بيزا. وفي ديالوغو Dialogo، أكد على التوافق التقريبي للرقاص ولكنه بدا مؤمناً بنسبية المدة مع طول الخيط (الزمن يكون أقصر، كما يقول، كلما كانت الدائرة المرسومة أقصر). والقانون الحقيقي لنسبية مربع المدة مع طول الخيط لم يظهر إلا في سنة 1637، من خلال رسائله وقد عاد إليه في ديسكورسي Discorsi. وفي 1641، وقبل سنة من وفاته، أظهر غاليليه رغبته في تطبيق الرقاص على تنظيم ساعة ذات رقاص

هذه الوقائع كانت ذات مغزى : فهناك من جهة الاهتمام بموضوع قياس الزمن وهو موضوع آثار نتائج عملية، وجدد الأفكار النظرية، وهناك أيضاً بروز نموذج : التأرجح الذي خرجت منه اعتبارات مشعة.

وفيما خص الارتباط بين الجاذبية وتأرجح الرقاص، اكتفى غاليليه بالإشارة في ديسكورسي، إلى أن تقصير طول الرقاص البسيط عند مروره بالخط العامودي، وذلك بحشر مسمار، فإن الكتلة المتحركة تصعد رغم ذلك إلى نفس المستوى .

وقد اعتبر هذه النتيجة كدليل وكحصيلة لهذا « الطرح » الأكيد وهو أن « السرعات التي يكتسبها جسم نازل على سطوح مختلفة الانحدارات تكون متساوية عندما تكون ارتفاعات المساقط نسبة إلى العامودي متساوية ». وعاد هويجنس Huygens فيما بعد إلى هذا الطرح وأيده : أن السرعة المكتسبة أثناء سقوط عامودي أو فوق سطح منحدر، هي، في كل حين، السرعة التي تتيح، في الاتجاه المعاكس، وبخلال أي مسار أو مسافة، العودة إلى نفس مستوى الانطلاق. وقانون سرعات السقوط الحر، وهي نسبة الجذر التربيعي لارتفاعات السقوط، يتيح هكذا دراسة حركة نقطة ذات ثقل فوق مطلق جانب وهذا يقتضي الاعتراف بأن غاليليه قد فتح الطريق أمام هذا المكتسب المهم مكتسب أواخر القرن .

مقاومة المواد والهيدروستاتيك - إن مقاومة المعادن أو المواد هي أول علم من علمين أراد غاليليه تأسيسهما حين كتب ديسكورسي. إلا أن تقريره بهذا الشأن نافه لأنه طرح فكرة التوتر الداخلي وقد بسط بما فيه الكفاية النظام، حتى لا تتدخل الفكرة إلا ضمن علاقات شاملة عامة في حالة سكون خالص (ستاتيك) .

وفيما خص الجسور المؤطرة التي يعتبرها وكأنها مؤلفة من خيوط غير قابلة للمط، والتي يريد أن يتجاهل تشوهها تحت الحمل، لم تتميز العبارات التي يقترحها، من أجل لحظة الخسعة، إلا بأنها تزيد في تأثير العبء وتأمين تطبيقات عملية هي إلى حد بعيد تحت الحدود الفعلية للانكسار.

وكان غاليليه أقل توفيقاً بالنسبة إلى الحلول التي يقترحها بالنسبة إلى جانب جسر له نفس وذات المقاومة في كل جزء من أجزائه، وبالنسبة إلى شكل خيط أو سلسلة معلقة بين نقطتين . إن هذه الحلول التي تستخدم الباربول، هي حلول خاطئة، إلا أنها تتميز أيضاً بميزة هي أنها تحفز التفكير نحو مواضيع سوف تشغل أفكار الميكانيكيين، وسوف يكون لها في نهاية القرن تأثير شاحذ للذكاء المبتكرين، مبتكري الحساب التفاضلي والتكاملي في مجال التطبيقات التي سبقت تسميتها بالفيزيائية - الرياضية .

كان غاليليه، وهو يكتفي بالانطلاق من معطيات تجريبية يجهل التمديدية ويقصر التحليل على تماسك الجوامد مفضلاً مقاومة الفراغ بين قسمين متلاصقين، هذه المقاومة التي تظهر من خلال صعوبة فصل سطحين صقيلين متماسين.

ونجد ثانية، هذه المقاومة للفراغ، المنسجمة، تماماً مع مفاهيم عصره، في بعض عناصر الهيدروستاتيك التي تناولها غاليليه. وكان سالفاتي Salviati - وهو يفسر قول ساغريدو Sagredo حول الاستحالة التي يعرفها المتمرسون، استحالة مص الماء بواسطة مضخة الى ما فوق 18 ذراعاً - يتصور بهذا وسيلة لقياس حدود « قوة الفراغ ». وليس في هذا تقديم ضخم، ولكن ليس بالامكان التقليل من اهمية الدور الايجابي للخطوة التي تحققت نحو طرد الفكرة القديمة فكرة « الخوف من الفراغ ».

وفي معالجته لانبوب المص « سيفون » Siphon في ديسكورسو Discorso منشور في فلورنسا سنة 1612، يشير غاليليه ان كمية صغيرة من الماء محتواة ضمن اناء ضيق توازن كمية كبرى في اناء واسع لان انخفاضاً صغيراً في الثانية (الكبرى) يؤدي الى رفع كبير للاولى. وهنا رغم وجود سابقين له، ورغم انه يستعمل مبدأ توازن ذي منحى ارسطي، فانه (أي غاليليه) قد سبق باسكال Pascal وذلك حين ركز على السبب الهندسي (الجيومتري) .

وفي النهاية، اذا كانت المجالات التي سبقت الاشارة اليها، لم تحقق بالنسبة الى مساعيه نجاحات حقة، فانه (أي غاليليه) ظهر من خلالها سباقاً نشيطاً حين عاجلها كرياضي، وهو هذا المجال، بدا ذا تأثير ضخم.

عمل توريشلي Torricelli - كان توريشلي تلميذاً مباشراً لغاليليه، وقد اعطى سنة 1644، في فلورنسا، دراسة حول حركة الاجسام الوازنة حيث وسع ومنهج ديناميك كتاب ديسكورسي Discorsi لغاليلي. وهكذا ساهم في نشر افكار معلمه، مع اثبات اصالته الذاتية. وقد تناسى المشاريع الأخيرة عند غاليليه، فاثبت حكمه حول تساوي السرعات المكتسبة، طيلة مختلف الاسطح المنحنية، ضمن اطار نفس ارتفاع المسقط، وذلك مع ارتكازه على مبدأ اقترن باسمه: لا يستطيع جسمان مرتبطان فيما بينهما ان يتحركا تلقائياً، ما لم تنزل نقطة ثقلها النوعي المشتركة. هذا المبدأ استعاده وعممه هويجنس Huygens فبدا على بساطته وبدايته، مفيداً ومثمراً للغاية.

وظل اسم توريشلي Torricelli مقروناً - ليس فقط بالتجربة البارومترية (تجربة ميزان الضغط الجوي) التي سميت من زمن باسكال - تجربة ايطاليا - بل ايضاً باول قانون كمي حول سريان السائل عبر ثقب ضيق موضوع في القسم الاسفل من اناء. وقد اكتشف توريشلي هذا القانون بالمقارنة مع سقوط الاجسام، متصوراً ان السائل مقدوف نحو الاعلى، عند خروجه من الاناء، وانه يستطيع بلوغ المستوى الداخلي للاناء. وقد استحق من جراء هذا ان يعتبر البادئ في اوليات البحوث في مجال «الهيدروديناميك» (تحرك السوائل) .

الاب ماوين مرسين P.Marin Mersenne - بفضل الاب مرسين (ميكانيك غاليلي، باريس

(1634) عرف عمل غاليليه، في الميكانيك -، وهو اقل توريطاً من كوسمولوجيته (علم الفلك) - الانتشار في فرنسا، وحتى في اوربا، انتشاراً لم تكن شهرة صاحبه لتكفي من اجل تأمينه. والجميع يعرف الدور الجليل الذي لعبه هذا الكاهن الصغير كوسيط بين العلماء والفضوليين، واللاهية الضخمة لرسائله الغزيرة في تطوير العلوم .

كان مرسين ، قبل كل شيء مولعاً بالتجارب من كل نوع، وقد اعطى على صعيد المبادئ ، ادلة عديدة على حنكته وبراعته . ولكن استقلالية فكره ظلت اكيدة ، وعلى هذا، ومع اعجابه الشديد بغاليليه وديكارت فانه لم يظههم بمظهر المنحاز ، لا لهذا ولا لذلك .

وعكف مرسين ، وقد ساورته الشكوك حول العقيدة الغاليلية فيما يتعلق بسقوط الاجسام ، نتيجة عدم إدراكه لميزتها العقلانية، بجهد ومثابرة على التجارب العملية حول القانون الشهير. واستخدم تآرجحات الرقاص ، بهذا الشأن ، بشكل موفق جداً ، مع ربطها بالسقوط فوق سطح منحدر. ويفضل تجاربه حول مدات التآرجح اكتشف مرسين ، وبدون تردد، قانون نسبة الجذر التربيعي لطول الرقاص، وهو القانون الذي اعلنه غاليليه بعد تلمس .

ولكن مساهمته الاصلية تتوقف عند تطور الميكانيك بالذات . لقد كان اقل الهاماً ، فلم يوفق في اعادة التجربة التي ذكرها غاسندي Gassendi حول دوران سبطح تآرجح الرقاص ، او بالاحرى ، لقد ضلّ في تفسير الرقاص، فبحث في ظاهرة مد البحر وجزره ، راغباً في ملاحظة ما لا علاقة له ابداً بالموضوع .

غاسندي Gassendi - في سنة 1624 - شرع غاسندي بالنشر، مبيناً اخطاء المدرسين، مفقداً استبعاد التلامذة باسم كلام « المعلم » . ولكنه سرعان ما التزم جانب الحذر « ساغياً وراء السلامة لنفسه » « خاضعاً للظروف » . ولكن هذا لم يمنع هذا الكاهن الجليل من ان ينصب نفسه مقرضاً لايبيقور Epicure وناهجاً نهجه في الحقل غير الديني .

وبشكل مغاير تماماً للعالم كما تخيله ديكارت ، بدا الفضاء برأي غاسندي Gassendi مجرد قدرة على استقبال الكائنات ؛ وهذا الاطار هو بيان واحد ضخم ، غير متحرك، غير جسدي، وضروري . اما الزمن في فهم غاسندي فهو ايضاً غير محدود، وغير جسدي وغير مخلوق، وهو يمضي حتى بغياب اية حركة في كل هذا بدا غاسندي طليعة مدرسة كامبريدج التي الهمت بدورها نيوتن .

توجد مادة اولى مشتركة بين كل الكائنات . وهذه المادة تقسم الى ذرات ملانة وغير قابلة للاختراق . وشكل هذه الذرات متنوع جداً ، وهذا ينبي عن تنوع الاجسام في الطبيعة . والذرة ذات وزن ، أي أنها قابلة للتحرك بذاتها .

والحركة حددها غاسندي . وكانها مجرد الانتقال، من مكان الى مكان، عملية تكون غير ممكنة في عالم ديكارت الملائن . والذرات هي السبب الاول المحرك . وهذا يعني ان المادة بمفهوم غاسندي مزودة بنشاط كما سيكون بشكل آخر الهيولي عند ليبنيز Leibniz .

وحول مبدأ الجاذبية الأرضية بالذات ، يفصل كاسندي عن غاليليه :^١ أن الجاذبية ليست خاصية تمتلكها الاجسام بالذات . انه جذب الارض هو الذي يخلق الثقل . وهذا الجذب قد ينقلب الى مادة بسلسلة من الجزئيات بين جسم ما والارض . وفقاً لاسلوب مستوحى من كبلر Kepler

وعلى صعيد الميكانيك الوضعي ، ويهدف دحض الاعتراضات الموجهة ضد حركة الارض ، اجرى كاسندي في عرض البحر من مرسيليا ، سنة 1640 ، التجربة التي اشار اليها غاليليه في ديسكورسي ومؤداها التسبب بسقوط حجر من اعلى سارية سفينة متحركة : وقد وقع الحجر في اسفل الصاري ، وكما صرح بذلك غاليليه ، ضد اراء المشائين (اتباع الارسطية) . قال غاسندي ان الحجر رسم بارابولاً بالنسبة الى محاور مربوطة بالارض ، الا ان المؤلف لا يفسر هذه الحركة البارابولية لم تشاهد على ظهر السفينة . وهكذا اثبت نوعاً من انواع مبدأ النسبية .

في نظر غاسندي كل الحركات عنيفة . بمعنى انها تتطلب دائماً محركاً خارجياً . وسقوط الاجسام لا يشذ عن هذا بهذا الشأن . فالحركة العنيفة - يعكس قاعدة تؤمن بها المدرسة - قد تكون مستمرة ان كانت موحدة متسقة . وهذا يجرنا الى مبدأ الجمود : ان الحجر الموضوع في فضاءات خيالية ، هي وراء عالمنا المرئي ، وبالتالي بمعزل عن مفعول الارض ، يبقى هادئاً ساكناً الى الابد . وان جاء سبب ما يطرده منها . فان هذا الحجر ينتقل بحركة موحدة وبدون نهاية . وهكذا ، في نظر غاسندي يفترض مبدأ الجمود وبوضوح ، متحركاً متحرراً من كل اثر خارجي ، متحركاً في فضاء فارغ من كل حقول قوة . نضيف ايضاً ان غاسندي كان كوبرنيكياً ، ولكنه في محاضراته في الكلية الملكية (1647) شرح ، دون ان يظهر اي تحيز واضح ، انظمة العالم الثلاثة .

II - ديكارت

نصل الى ديكارت ، الذي اتيح لمؤلفاته ان تسيطر على القرن حتى ظهور المبادئ (برانسبيا) Principia لنوتن وحتى بعده . ونميز بين ميكانيك ديكارت ، اي المسائل المحددة التي درسها ، والاولية الديكارتية ، اي نظامه للعالم . وهذا الفصل اتاحه هو ، عندما لم يسلم « كتابه حول العالم » على اثر محاكمة غاليليه ، وعندما لم يؤد نشر كتابه « المبادئ » (ط لاتينية 1644 ، وط فرنسية 1647) الى الغاء هذا الفصل ايضاً .

من الواجب اذن الاعتراف بأن ميكانيك ديكارت يطرح المسائل أكثر مما يحلها بشكل مرض . وبالمقابل ان اوليته ، اي محصلة الفيزياء بواسطة مفاهيم الامتداد ، والصورة والحركة ، يجب ان تجذب الافكار ، بفضل بساطة اساليبها ، وبفضل تذكيرها باجاءات الخيال البصري ، وان تقضي ، بفضل مثله ، على الصفات الخفية التي كان المدرسيون يتغذون بها .

ديكارت وبيكمان Descartes et Beeckman - بعد رؤية ديكارت اعلاناً يطرح على العلماء مسألة حسابية ، وكان يومئذ مجنناً في الجيش En garnison ، اتصل بحوالي اواخر سنة 1618 باسمحاق

بيكمان Isaac Beeckman . وقام هذا الاخير فيها بعد بتنويره حول عدة مسائل مما كان يشكل يومئذ الفيزياء العامة . وكان هذا التعاون بين ديكارت وبيكمان قد نشر بكامله في « مذكرات » هذا الاخير، بعد ان عثر عليها ونشرها كورنليس دي وردرد Cornelis de Waard .

كان بيكمان خرياً . ولكن هذا لم يمنعه من تأهيل الكون الفضاء بمادة مرهقة سرياتها يفسر في نظره ، بأن واحد، سقوط الاجسام، وجذب المغناطيس وبعض مظاهر الفراغ .

وكان بيكمان يناهض بحفظ الحركة : كل شيء بعد ان يحرك لا يتزع ابدأ نحو السكون، ما لم يكن هناك عائق خارجي يحد من حركته . ويطبق حفظ الحركة في الفراغ ، على الحركة المستقيمة كما يطبقه ايضاً على الحركة الدائرية ، ويذكر بيكمان كمثال على ذلك الحركة اليومية للارض والحركة السنوية . وهذا يكشف ان بيكمان كان بالتأكيد كوبرنيكياً .

كان بيكمان يؤكد ويهتم باثبات ينسب بالتجربة وجود سرعة محدودة للاجسام الواقعة في الهواء . فهو يرى ان النور مؤلف من جزئيات وان سرعة انتشاره محدودة .

وقد اهتم بيكمان ايضاً بتصادم الاجسام . والقواعد التي اعلنها بهذا الشأن تتطابق تماماً مع القواعد التي اقترحها ديكارت فيما بعد . وبعكس قواعد ديكارت، كانت قواعد بيكمان في معظمها صحيحة ، ولكنها لا تبحث الا في حالة الاجسام المجردة من المرونة

وقد درس ديكارت وبيكمان معا سقوط الاجسام وتوصلا بالتالي ، قبل غاليليه ، الى قانون صحيح . والغريب في الامر ان ديكارت نسي هذه النتيجة ، مما حمله فيما بعد على التيهان في ذات المسألة .

وعلى العموم تظاهر ديكارت بانه نسي دروس بيكمان وعزم على تقديم نظامه الخاص كثمرة افكاره الشخصية .

لقد عاش ديكارت بشكل مستقل عملياً وتجربته الفكرية العجيبة، وذهب الى حد احتقار حقائق لدى معاصريه كان من الاجدر اكتسابها .

الميكانيك الديكارتى - في سنة 1634 اطلع ديكارت على اهم نظامين للعالم عند غاليليه من خلال كتاب دياالوغو . والتهم الكتاب بخلاف ثلاثين ماعة، ولم يتورع عن انتقاده، خاصة فيما يتعلق بتفسير المد والجزر . ولكنه اعترف بان غاليليه فيلسوف جيد بالنسبة الى الحركة، وخاصة بمقدار ابتعاده عن الاراء المكتسبة . ان الفوضى الظاهرة في دياالوغو، لا يمكن الا ان تصدم بشكلها الفكر المنهجي عند ديكارت .

وفي مجال السكون (سناتيك)، وضع ديكارت كل وزنه المعنوي لكي يُجَلِّ - كما فعل ستيفن Stevin من قبل - ما يسمى اليوم وجهة نظر الاعمال المحتملة محل وجهة نظر السرعات المحتملة .

وهذه الأخيرة كانت وجهة نظر التراث المدرسي : كتب ديكارت في 5 تشرين الاول 1637 الى قسطنطين هويجن Constantin Huygens يقول :

« ان اختراع كل الآلات [التي بواسطتها يمكننا ، لقاء قوة صغيرة ، رفع حمل ثقيل جداً] لا يقوم الا على مبدأ واحد هو ان نفس القوة التي تستطيع رفع ثقل ما ، مثلاً ، مئة ليبرة لارتفاع قدمين ، تستطيع ايضاً رفع جسم من مئتي ليبرة لارتفاع قدم واحد ، او جسم من 400 الى ارتفاع نصف قدم ، وكذلك الاوزان الاخرى التي تنطبق عليها القاعدة .

وهذا المبدأ لا يمكن الا ان يقبل ، اذا اعتبرنا ان المفعول يجب ان يتناسب مع الفعل اللازم لاجرائه . ويوضح : « ان هذه القوة لها دائماً بعدان » اي انه حصيلة وزن مع ارتفاع .

وكان ديكارت هو الاول الذي لاحظ الصفة الثغرافية لهذا المبدأ الاساسي في الستاتيك (السكون) . وكتب بهذا الشأن ، فيما خص الجاذبية الارضية :

« تقاس الجاذبية المتعلقة بكل جسم « ببدء » الحركة التي تقوم بها القوة الدافعة سواء لرفعها ام للحاق بها ان هي انخفضت . لاحظ اني قلت « بدء بالنزول » وليس فقط النزول ، اذ ان البدء في النزول هو الذي يجب الانتباه له . »

وبحسب رأي ديكارت ان « القوة السكونية » تعبر عن نفسها بحاصل ضرب الوزن بالارتفاع ، في حين ان « اللحظة » Momento بالمعنى الذي قصده غاليلي يساوي حاصل ضرب الوزن بالسرعة . ويرى ديكارت ان غاليلي قد نجح في تفسير « ما يجب » Quod ita fit فيما خص الميزان والعتلة دون ان يفسر Le eur ita fit (كتاب الى مرسين في 15 تشرين الثاني 1638) .

وبعد ان قرأ ديكارت كتاب غاليلي « ديسكورسي » حال صدوره ، انتقده بقسوة في رسالة سلمها الى مرسين تحت طابع السرية (11 تشرين الاول 1638) . يفهم من هذا ان ديكارت ، في ذلك الحين كان مندفعاً تماماً وكان يحاكم كل شيء على اساس مبادئه هو . إذ لم تعد تهمة حقائق العلم الوضعي الا مقدار اندماجها في الصورة الميكانيكية التي كونها لنفسه عن العالم .

وبناء عليه فقد رفض ديكارت كل النظريات التي تقوم عليها النظرية الغاليلية حول سقوط الاجسام : « كل ما قاله [غاليلي] عن سرعة الاجسام النازلة في الفراغ الخ مبني على غير اساس ؛ اذ كان يجب عليه اولاً ان يحدد ماهية الجاذبية ؛ ولو انه عرف حقيقتها ، لكان عرف انها تكون عدماً في الفراغ » (حرفياً)⁽¹⁾ .

الا ان ديكارت يعترف ، مع ذلك ، لغاليلي بانه يمتاز « بانه يعرف كيف يتفلسف اكثر من العوام »

1 - من المعلوم بهذا الشأن ان الفراغ غير موجود في نظر ديكارت وان الجاذبية الارضية ناتجة عن تأثير المادة المرهفة الخفيفة التي تملأ كل الفضاء ، على الاجسام .

وانه « يتخصص المواد الفيزيائية بأسباب رياضية ». وهذه هي الوسيلة الوحيدة من اجل الوصول الى الحقيقة، ومن اجل « الابتعاد، ما امكن عن اخطاء المدرسة » .

وقد كان ديكارت محقاً تماماً حين اخذ على غاليليه انه قدم لرجال المدفعية جداول رمائية استبعد منها كل مقاومة للهواء ، حين رسم بارابول القذائف .

من جهته لم يغفل ديكارت اية معلومات تجريبية ، وبخاصة في موضوع صدم الاجسام . وكانت المسألة بالتاكيد اساسية بالنسبة الى فيزيائه التي لم تكن تعترف الا بفعل الملامسة ، . ولكنه لعمره عن استبعاد العقبات ، اعلن فيها بعد هذا الشأن ، في « مبادئه » عن قواعد مسبقة [دون اثبات] سعى هو يمين فيها بعد الى اصلاحها وتقويمها .

وعالج ديكارت في « الديوبتريك » (1637) المسألة الصعبة، مسألة تركيب الحركات، ولكنه لم يعالجها علناً ؛ فترك - لماركوس مارسى دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland (دي بروروسينيوتيس De Proportione Motus ، براغ 1639) وإلى جيل برسون دي روبرفال Gilles Personne de Roberval (محاضرات الكلية الملكية 1639) - الفضل في نشر تحليلات جديدة حول هذه المسألة المفتاح التي عالجها غاليليه بشكل مبهم .

وتكشف رسائل ديكارت وحدها (محادثة مع هوبز Hobbes سنة 1641 بواسطة مرسين) كم فكر هو بنفسه في البنية المنطقية للتركيب لكي يستنتج منها تمييز العناصر المكونة للحركة : عنصر كمي مرتبط بمقدار السرعة، عنصر جيومتري (الاتجاه والتوجه) .

والمراسلات ايضاً هي التي تكشف شجب ديكارت لهذا النوع من الجاذبية الكونية التي قدمها روبرفال سنة 1644 في كتابه أريستاركو Aristarque وهو يشرح الفرضيات الكلاسيكية الثلاث في علم الفلك .

« من اجل فهم [مثل هذه الجاذبية] لا يكفي فقط الافتراض بان كل جزء من الكون حي يتحرك بفعل انفس عدة ومتنوعة لا يصد بعضها بعضاً : بل ان هذه النفوس ذكية . وكلها إلهية حتى تستطيع معرفة ما يحدث في اماكن بعيدة عنها، بدون اي رسول يعلمها ، وحتى تمارس فيها سلطانها » (رسالة الى مرسين في 20 نيسان 1646) .

ولكن هذه الرسالة، التي عرفت فيما بعد بنشرها على يد كليرسليه Clerselier، كان لها وزنها في معارضة الديكارتيين لنظام نيوتن .

لا نستطيع هنا ان نرسم كل تفصيلات المناظرة التي حصلت بين ديكارت وروبرفال بشأن البحث عن مركز الاضطراب اي تحديد طول الرقاص البسيط المتواقت مع رقاص مؤلف ومعين، وهي مسألة صعبة جداً ، بالنسبة للوسائل المتوفرة آنذاك ، وقد عجز كل من ديكارت وروبرفال عن إيجاد حل كامل لها ؛ كما عاد اليها هويجن بواسطة منهج جديد مختلف تماماً . وقد أعطى التراث ، في أغلب

الأحيان ، الحق لروبرفال في هذه المناظرة . نشير مع ذلك أن ديكارت لم يكن وحده ليتحمل كل الاخطاء ، لأنه كان أفضل تصوراً من معارره لضرورة الاهتمام بالثقل النوعي من أجل العثور على مركز التحرك .

نظام الكون عند ديكارت - ان جوهر رسالة ديكارت التي قدمها لعصره، لا يكمن في حل المسائل، التي كانت تشغل العلماء يومئذ، والتي اهل هو (اي ديكارت) اصدار نشرة بشأنها كاملة ودقيقة ومنهجية ، مستقلة عن المشاحنات بالرسائل، بل يكمن في وضعه نظاماً كاملاً - هدف به احلاله تماماً محل عقيدة « المدرسة » - نظاماً إلغى منه كل الصفات والاشكال الجوهرية ، لصالح اوالية كونية ، تفسر كل الظاهرات في هذا العالم المرئي بواسطة ثلاثة مفاهيم فقط هي : الاتساع ، والصورة والحركة .

وفي هذا التخفيض لعدد المفاهيم وجد نظام ديكارت، بأن واحد، اصلته العميقة، وتبريره، وفائدته الحققة . وإذا كان هذا الدرس العالي قد اسس مدرسة او منهجاً، فذلك لانه - وهو يأتي ليقدم امكانية تفسير ميكانيكي لكل الظاهرات في العالم المحسوس - يشكل دعامة قوية للبحث العلمي .

وقد وجد نظام ديكارت تعبيره الاول الاكثر بداهة وعفوية والاكثر بساطة ، والاكثر كوبرنيكية ايضاً في كتاب « الكون » الذي كان شبه كامل في تموز سنة 1633 . ولكن الحكم على غاليليه حل ديكارت على تأجيل نشر الكتاب . ولم ير كتاب الكون النور فعلاً الا سنة 1664 . في هذه الاثناء كان ديكارت قد نشر « المبادئ الفلسفية » 1644 . في هذا العمل ذي الطابع العلمي الابرز وذو الطابع التعليمي عرف علماء اوربا كلها الاوالية الديكارتية .

ان الاتساع، بمفهوم ديكارت . هو جوهر (او هيولي او مادة او جسم) وبالعكس ان الجوهر يعود ويرتد ليصبح اتساعاً . هذا المفهوم مجرد من كل صفة حسية ، ومن كل صفة خاصة ولا يتضمن اي شيء لا يمكن ان يكون كونياً . هذه الكونية في نظر ديكارت هي مفتاح الفهم الاكيد للاتساع او الامتداد . وهذا الامتداد يملأ كل الفضاء بشكل مستمر: لا يوجد فراغ ، ولا يوجد كذلك ذرات . ان العالم الديكارتى واحد موحد؛ انه غير محدود، اي لا يمكن ان ترسم له حدود وابعاد . بالنسبة الى ديكارت تعتبر الحركة نسبية بصورة اساسية، ولا يمكن ان تحدد الا بالنسبة الى جوار او اطار يعتبر ساكناً . والسكون هو من ذات طبيعة الحركة : اذ يوجد بينها تماثل حق . في الطبيعة يسود قانون عام يعبر بصورة شاملة عن التوازن بين السكون والحركة .

« لقد خلق الله بكل قدرته المادة وفيها الحركة والسكون واحتفظ الان ، في الكون، بواسطة قدرته وساعدته ، بمقدار من الحركة والسكون ، كما وضعها يوم خلق هذا الكون » .

ولكن موضوع الحفظ الذي يعزى الى صفات الله الميتافيزيكي، يجب ان لا يؤول على عجل .

ان القانون الاول للحركة هو نوع من مبدأ الجمود: ان اي جسم لا يغير حالته السكونية او الحركية الا اذا التقى جسماً آخر . وكل جسم اخذ في الحركة يستمر فيها دون ان يتوقف من تلقاء ذاته

والقانون الثاني يوضح ان كل جزء من المادة يهتف الى ان يتحرك بخط مستقيم ما لم يلاق أجساماً أخرى. والقانون الثالث يقصد الى توضيح انماط الاتصال الحركية بين جسمين الثقيا. ويقترون هذا القانون سبع قواعد متناول اصطدام الاجسام. وهذه القواعد كلها غلط، ما عدا القاعدة الاولى التي تتعلق بالصدمة المتبادلة لجسمين متساويين تحركها سرعات متساوية. ولكن هذه القواعد تتيح اعطاء مضمون وصياغة رياضية للقانون العام قانون الحفظ في الكون.

ومسألة الصدم لن تجدد، في القسم الثاني من القرن، الا بفضل تمثل مفهوم جديد هو مفهوم المرونة، ثم باعتبار كميات الحركة وكأنها غير منفصلة عن منحى الحركة. وفكرة قانون الحفظ لن تتأثر بهذا القانون بل مضمونه فقط هو الذي يتأثر.

نشير أخيراً انه بالنسبة الى ديكارت، يكمن تماسك جزئيات الجسم الصلب في ان هذه الجزئيات هي فيما بينها بحالة سكون نسبي. وهذه المفارقة تبرز النتيجة القصوى، لبناء اريد له بصورة اساسية ان يكون منطقياً

وقد استطاع ديكارت، بفضل هذه المفاهيم وهذه القوانين ان ينتطح لتفسير « التكوين العجيب لهذا الكون المدهش ». ورغبة منه في تفادي الاصطدام برجال اللاهوت كتب يقول: « اني حريص اكثر من كوبرنيك على ان لا اسند اي حركة الى الارض. وسأحاول ان تكون حججي حول هذا الموضوع اكثر اصبحة من حجج تيكو Tycho ».

ان اجزاء الشمس تضطرب كما تضطرب اجزاء كل نار، ولكن الشمس لا تنتقل، رغم ذلك من مكان الى اخر في السماء.

ومادة السماء سائلة وكذلك المادة التي تؤلف الشمس والنجوم الثابتة. وترتكز الارض في القسم من السماء الذي يجاورها والذي يشكل إعصاراً، مع بقائها محمولة بفعل تيار هذا الاعصار:

« ويعد ان تم نزع كل الاحراجات التي تمس حركة الأرض، نفكر بأن مادة السماء حيث الكواكب تدور باستمرار، دائرياً، كما الاعصار الذي توجد الشمس في وسطه... وان كل الكواكب (والأرض من عداها) تبقى دائماً معلقة في نفس الاجزاء من هذه المادة السماوية. إذ بهذا فقط، وبدون استعمال أية آلات أخرى، يمكن أن نفهم بسهولة كل الأشياء التي نلاحظها فيها ».

في البداية قسم الله كل المادة الذي كون منها هذا الكون المرئي الى اقسام متساوية تماماً. وهذه الاجزاء الاساسية لا يمكن ان تكون مدورة، اذ لا يمكن ان يكون فيها فراغات، والكرات او الدوائر المتلامسة تبقى فيما بينها زوايا فارغة. هذه الزوايا يعتبرها ديكارت مملوءة ببقايا او نفايات اجزاء المادة، وذلك بمقدار تلوير هذه الاجزاء.

ويتألف العالم المرئي من ثلاثة عناصر رئيسية هي هذه الفضلات او البقايا، وهي منقسمة جداً

تحركها حركات سريعة ؛ ثم بقايا المادة التي اجزاؤها صغيرة جداً ومدورة . واخيراً الاجسام ، التي ، بسبب ضخامتها وصورتها ، لا يمكن ان تتحرك بمثل هذه السرعة .

والشمس والنجوم الثابتة تتألف من العنصر الاول ، اما السماء فمن العنصر الثاني واما الارض والكواكب والشهب فتألف من العنصر الثالث .

وتدور الاعاصير وهي تلامس بعضها بعضاً خارج اقطابها ، وبحيث لا تضابق بعضها بعضاً في دوراتها . ومادة العنصر الاول تخرج باستمرار من الاعصار ، من خلال النقاط الاكثر بعداً عن محاور كل اعصار وتدخل ايضاً وباستمرار من خلال هذه الاقطاب . اما مادة العنصر الثالث فتكون من اجزاء الفضلات التي هي اقل اضطراباً . ويصورها ديكارت وكأنها أعمدة صغيرة ضمن ثلاث قنوات وهي مدورة مثل صدف البزاقة ، بحيث تستطيع الرقص دائرياً ضمن مثلثات محدودة متروكة فيها بينها بفضل ثلاث كرات من العنصر الثاني تلامس . هذه الاجزاء الاسطوانية تسبح فوق سطح الكوكب الذي تنتمي اليه وتتراكم بشكل بقع ، كما الزبد فوق سائل يغلي . وقد يحدث ان يتلاشى اعصار بكامله بفعل الاعاصير المجاورة ، وان تتغير النجمة الكائنة في وسطه ، وتتحول الى نيزك او الى كوكب . وهذا الخطر لا يحدث بالنسبة الى اعصار خال من البقع ، يحمله انتشار مادته . وبواسطة هذا النموذج اراد ديكارت ان يفسر حركة الكواكب والمذنبات ، وان يفسر ذنب الشهب وان يحلل الانواء . وتتوسع « المبادئ الفلسفية » في مجال الفيزياء والبيولوجيا ، لتتجاوز هذا النظام الكوني . ونكتفي بذكر ما هو اساسي فيها يتعلق بالجاذبية الارضية .

والفضاء حول الارض ليس فراغاً ، والا لتطايرت الاجسام التي فوق سطحها في السماء من جراء دوران الارض (لم يتردد ديكارت في العودة الى ذريعة قديمة قالت بها « المدرسة ») .

ويجب ان تعتبر الارض ، بحكم انها ليس لها بذاتها القوة لتدور حول نفسها ، وكأنها مجرورة بمادة السماء ، حيث هي في حالة سكون نسبي . ولكن مادة السماء فيها فيض من الحركة يحملها على البعد عن المركز ، مما يجعلها خفيفة بالنسبة الى الارض .

ومادة السماء لا يمكنها ان تقذف نحو الاسفل جسماً على مقربة من الارض ، الا اذا حلت محل هذا الجسم ، اذا كان A جسماً تحتوي مساهمه من مادة السماء اقل من الهواء الذي يحاذيه ، فمن المؤكد ، في نظر ديكارت ، ان هذا الفائض من مادة السماء يستطيع ان يقرب A من مركز الارض وبالتالي : « اعطاءه هذه الصفة التي تسمى الجاذبية » .

من غير المجدي الإشارة الى مدى امتلاء نموذج التفسير الديكارتي بالاهام . ان العناصر التي هي فوق متناول حواسنا - وتسمى اليوم ، الحفايا ، او اللامرصودة - تغطي عنده اشكالاً ولا اغرب ولا اعجب . هذا النموذج قدمه ديكارت ، وكأنه بمثابة التبيين الرياضي ، ولكنه لا يشكل ، في اغلب الاحيان الا صورة ملونة وصفية ، مشبهة في هذا فيزياء المدرسة التي اراد ديكارت ان يستبدلها . اما ما تضمنه هذا النظام من تكميم مثل القاعدة حول صلبم الاجسام ، فقد كان ايضاً غير صحيح امام

التجربة . ولكن هذا النموذج كان مدهشاً ببساطة مقدماته ، وان لم يكن مقبولاً في -اساليه . وما قدم منه للعامة جاء ليسد لدى الجمهور من المفكرين ، الحاجة الى نهج للفهم عقلا في نظريته الى الظواهر الفيزيائية .

III - باسكال واستاتية السوائل

نقل الهواء والخوف من الفراغ - الى باسكال والى اعماله المشهورة يعود الفضل في ربط ثقل الهواء برمز مدهش حطم خرافة الخوف من الفراغ . الا ان هذه الجاذبية قد اكدها العديد من السابقين مثل نيقولا دي كوي Nicolas de Cues ، بمعزل عن مسألة الفراغ .

وبسوان كاردان Cardan هو اول من استنتق التجربة بهذا الشأن ، في اطار النظريات - الضعيفة حقاً - حول مقاومة السوائل : فقد اعتبر ان الهواء اخف من الماء بخمسين مرة .

والى طبيب بيروغوردي Perigourdin ، هو جان راي Jean Rey ، يعود الفضل ، بعد 1630 ، في طرق المسألة عن طريق الكيمياء ، فعزا للهواء الزيادة الملحوظة في تكليس القصدير .

ومع اسحاق بكمان Isaac Beeckman ظهرت ، بدون ربط واضح ، مهمة ثقل الهواء ومعه وجود الفراغ . واسند بالياني Baliani الى غاليليه نفس الرأي .

كان «غاليليه» يؤمن ان كره الفراغ يمكن ان يكون محدوداً ، وتجاربه حول الثقل النوعي للهواء ، اعطته ثقلأ نوعياً للهواء اخف بمرتين . اما الاب «مرسين» فقد وجد بعد ان طبق ، بدون حصر ، على سقوط الاجسام في الهواء وفي الماء قوانين الديناميك المدرسي ، ثقلأ نوعياً للهواء اقل من ثقل الماء بألف وتسعمائة مرة .

وتخلل خريف الف وستماية وست واربعين (1646) كرر الاب (بني) في روان امام باسكال الاب وباسكال الابن تجربة توريشلي Torricelli . وقد ترك عن التجربة رواية جيدة جداً تعتبر نموذجاً للمقارير عن التجارب اذ لم يترك في الظل اية تفصيلات تتعلق بالتنفيذ .

وقد اعاد بليز باسكال Blaise Pascal علناً هذه التجربة بعد ادخال تغييرات متعددة عليها ، وارسل ضد معارضيها تحديات حقة .

وفي سنة 1647 ، لم يجزّ باسكال ، في «تجاربه الجديدة حول الفراغ» ، لم يجزّ على الاعلان عن سفه القول بـ «الخوف من الفراغ» واكتفى عتدياً «خطى غاليليه» ، بالتاكيد على ان قوة هذا «الخوف» محدودة . وهي تعادل القوة التي لكمية من الماء ذات ارتفاع يعادل تقريباً واحداً وثلاثين قدماً . ولكنه منذ هذه اللحظة ادرك ما كان قد خفي على «غاليليه» . اي ان التجربة قد أجريت دائماً فوق اوعية ذات اتصال حر بالفضاء . وقد خطرت له الفكرة بأن ضغط الهواء الجوي ، نتيجة ثقله ، هو الذي يرفع وحده الزيت في انبوب «توريشلي» . ولكنه اشار بنفسه الى الاعتراض الممكن ، (حيث التلميح الى «ديكارت» بدا واضحاً) اي ان ثقل الهواء لا يتعارض مع وجود مادة لا ترى ولا تسمع

ولا تعرف بالحواس، وهي عملاً الفضاء، الفارغ ظاهرياً والذي يتكون فوق انبوب التجربة .

التجربة الكبرى - في هذا الاطار يجب ان نضع انفسنا لفهم تجربة بوي دي دوم Dôme والتي نشر باسكال مستنداتها في تشرين الأول 1648. وأول هذه المستندات رسالة من باسكال الى صهره « فلورين بيريه» Florin Périer. مستشار في محكمة المساعدات في مدينة كليرمون، يطلب اليه فيها اجراء تجربة حاسمة مستفيداً من جواره لجبل أوفرنيه Auvergne العالي. وكان القصد اجراء التجربة العادية حول الفراغ، اي تجربة توريشلي. عدة مرات في نفس اليوم، وفي نفس الانبوب، وبذات لحماية الزئبق، مرة في اسفل الجبل ومرة في اعلاه، على علو خمس او ستمئة «قامة». ويضيف باسكال: «اذ من المؤكد انه يوجد هواء اكثر، يزن اكثر عند اسفل الجبل، في المكان الذي لا يمكن فيه القول بأن الطبيعة تخاف من الفراغ عند اسفل الجبل اكثر مما في أعلاه». وهذه الجملة تبرز اصالة باسكال. فاصلته لا تكمن في التجربة بالذات بل بالاثبات بنجاحها وتفسيرها. اننا نعلم بصورة افضل اليوم ان باسكال لم يكن الوحيد الذي يعتقد في ذلك الحين انه من المفيد الثبت ما اذا كان الزئبق يرتفع بنفس المقدار في اعلى الجبل كما في اسفله. والتعبير هو لديكارث، وبالضبط ايماء الى باسكال، في رسالة ارسلها الى مرسين في 13 ك 1647 حيث دوّن الخضم الكبير للفراغ الملاحظات التي ابداهما من جهته في ما يتعلق بالتغيرات، البالغة بوصة واحدة في ارتفاع الزئبق، في ذات المكان وبحسب الظروف الجوية. ولكن رسالة مرسين تدل على ان حالة ديكارث لم تكن معزولة او فريدة. فالجميع كانوا يؤمنون في تلك الحقبة من التاريخ بثقل الهواء وبتأثيره على ارتفاع الزئبق. كما ان مسألة معرفة ما اذا كان بالامكان اثباتها بواسطة التغيير في ارتفاع مكان التجربة كان هو الشاغل في ذلك الوقت. وكان ديكارث محبذاً لها اما مرسين فقد كان موزعاً بشأن فكرة الفراغ، في حين ان روبرفال كان مؤيداً بشكل حاسم، وكان هذان الاخيران يشكان في نجاحها وبالتالي بفائدتها. ذلك ان كل شيء كان يتعلق بمقدار الاهمية التي يعزوها الفرقاء الى ثقل الهواء والى سماكته حول الارض. اذ بحسب ما كان مقبولاً بهذا الشأن كانت هناك شكوك حول كفاية ارتفاع جبل لاحداث تغيير في ارتفاع الزئبق ارتفاعاً بارزاً يميزه عن التغيرات الاخرى الملحوظة .

ومن الملفت ان نقرأ في تقرير « فلورين بيريه» Florin Perier حول « التجربة الكبرى » التي اجريت تحت اشرافه في 19 ايلول 1648، ان ذلك اليوم « كان يوماً غير مستقر ». ومع ذلك فان ارتفاعات الزئبق التي قيست عدة مرات في اسفل وفي اعلى جبل دوم، وكذلك في محطة وسط بين الاثنين، كانت دائماً هي هي تماماً. واذا كانت الملاحظات التي اخذت في القمة. وفي الموقع الوسط قد اخذت خلال مدة قصيرة، فان المراقب الذي ترك عند اسفل الجبل كان امامه النهار كله لكي يلاحظ ان ارتفاع الزئبق لم يتغير ابداً عن مكانه في مركزه هو، (هذا على الرغم من ثقل الطقس الذي بدا مرة صافياً ومرة ممطراً . ومرة مملوءاً بالضباب ومرة عاصفاً). من يصدق؟ حتى ولو اخذنا في الاعتبار ان قياسات بيريه، اعطيت بدقة ربع خط اي ما يزيد قليلاً عن نصف ملمتر. وفي هذا دقة كافية تجعل التأكيد على ثبوتية ارتفاع الزئبق في اسفل الجبل طيلة نهار كامل، ضمن ظروف جوية متغيرة امراً

مشبوهاً تماماً . وتقرير بيريه الذي صرح باسكال عنه : بأنه قد اوضح كل مصاعبه ، يستبعد تماماً ، عن طريق النفي ، ولاسباب تعليمية ما نستطيع نحن ان نسميه ظاهرات ثانوية .
والواقع - رغم عدم رغبة باسكال بالاعتراف بالامر - ان سبب نجاح « التجربة الكبرى » هو ان مقدار الفرق بين ارتفاعات الزئبق بين اسفل وبين ذروة جبل دوم (اكثر من ثلاث بوصات) يتجاوز الى حد بعيد التغييرات الحاصلة ، حتى ذلك الحين بسبب من الاحوال الجوية ، مما يستدعي اعطاء فارق الارتفاع الاهمية الرئيسية . واصلاح تقدير ثقل الهواء النوعي ، المتغير مع الارتفاع . سنداً للمعدل المكتشف في « جبل دوم » استطاع الاب دي لامار Marre ان يثبت من فرق مقداره اربع مليمترات ونصف بين اسفل واعلى ابراج نوتردام دي كليرمون ، كما عثر باسكال نفسه على نتيجة من ذات النوع في برج سان جاك في باريس ، دون أن يخشى هذه المرة الظاهرات الثانوية ، في ملاحظات متقاربة جداً زماناً ومكاناً . . .

وبرز للبيان هنا ، كم بدت هذه « التجربة الكبرى » التي قال عنها باسكال « ان رغبة شاملة جعلتها شهيرة قبل ان تظهر » ، فعالة . اذ اتاحت التنبؤ بنجاح تجارب اخرى اكثر ضماناً من حيث ثبات العنصر الرئيسي الداعم للارتفاع البارومتري . ولكن نرى ايضاً التحفظات التي يجب ابدائها فيما يتعلق بحسبيتها . ان التجربة الحاسمة هي التي تكلم عنها باسكال عرضاً في مطلع رسالته الى بيريه . انها تجربة الفراغ في الفراغ والتي تقوم ، بمساعدة آلة خاصة ، على وضع انبوب تورشلي داخل فراغ بارومتري ، ثم الملاحظة بان الزئبق يسقط تماماً ، غير مضغوط وغير مواجه بأي هواء . ويعود الفضل الاول فيها بدون نزاع الى رويرفال ، واذا لم يمكن الشك بقيام باسكال باجرائها ، كما يقول ، لحسابه الخاص ، فبالامكان الشك بتاريخ 15 تشرين الثاني 1647 المدون في رسالته الى بيريه في نشرة تشرين الاول 1648 . والدرس الايجابي المتحصل من نقد النصوص هو انه بخلاف شتاء 1647 - 1648 عثر باسكال على سند يؤكد : ان الطبيعة لا تخشى الفراغ . . . ، وان كل المفاعيل التي اسندت الى هذا الخوف تنأى عن الفراغ وعن ضغط الهواء ، انما لم يستطع اجراء التجربة الحاسمة بشأنها فقد اضطر ان يضع في مكان اخر تقديمه الاصيل .

وفضله يبقى في انه ، خلال المجادلات المعقدة بين خصوم الفراغ وانصاره ، استطاع ان يأمر وان يحصل على تحقيق تجربة مشهورة . حتى ولو أنه أهمل ذكرها بالتفصيل الدقيق عن عمد ، مضحياً بها من أجل دوغماتية جديدة .

البارومتر والآلة الهوائية الماصة ، قابلية الهواء للضغط -ورد الشيء الذي لم يرد في وصف التجربة الكبرى بغزارة في كتبه التي صدرت بعد وفاته حول توازن السوائل والثقل النوعي لكثلة الهواء ، وهما كتابان نشرتا سنة 1663 . وظهر فيها باسكال كفيزيائي ممتاز بفضل تنوع معداته التجريبية وبفضل دقة تحليلاته ، وحسن استخدام المقاييس متمكناً من التقريب ، متحكماً بهيكلية الألفاظ . ولا يدهشنا أن وجدنا في خاتمة هذين الكتابين فصلاً تعود كتابتها إلى سنة 1651 وفيها يذكر باسكال هذه الظاهرات الثانوية ، التي استبعدت من كتابه « قصة التجربة الكبرى » . وقد وصفها وصفاً جيداً حتى أنه وصف معدات أربع قادرة على تحصيل واكتشاف تغيير الظروف الجوية ، وبصورة خاصة أنبوب يتضامل عطاؤه

كلها تضاعف الضغط الجوي .

ولكن تطبيق انبوب توريشلي ذي الشكل الشاروقي (siphonide) للتنبؤ بالمطر والطقس الجيد ليس من ابتكار باسكال . بل هو من صنع اوتودي . غريك Otto de Guericke ذي الاداة الشهيرة (عوام مرتبط بخيط مع غثال صغير يتيح ، بواسطة تحركات ذراع ، تجسيد تغيرات الضغط الجوي) الموصوفة في كتاب اكسبريمانتا نوفا ماغديبورجيكاً (Experimenta nova Magdeburgica) (1672) المنتهي سنة 1663 .

وكلمة بارومتر، هي تسمية متأخرة فرضت فقط بعد « بحث حول طبيعة الهواء » ونشر من قبل ماريوت Mariotte سنة 1676 .

كان اونودي غريك تجريبياً رائعاً ، وقد اثبت مستقلاً عن توريشلي ثقل الهواء ومطاطيته . ولكن مواهبه العملية وجهته اتجاهاً آخر مختلفاً عن اتجاه باسكال . وقد حرص منذ 1632 على البحث عن آلة يمكنها ان تسحب الماء من اناء مملوء تماماً حتى يحدث فيه الفراغ . وادى به فشل محاولاته الى اجراء التجربة في اناء مملوء بالهواء فقط ، وهكذا توصل الى الآلة الماصة والى التجربة الشهيرة المسماة تجربة نصفى كرة مغديبورغ Magdebourg ، التي قدمت الى مجلس الديت Diète في راتيسبون سنة 1654 .

واعترف روبرت بويل Robert Boyle (1627 - 1691) الذي ادخل بعض التحسينات على اوالية المضخة بادال العامود الذى يتحكم بالمكبس بمعلقة يحركها بالاتجاهين دولاب مسنن، وحقق بشكل مُرضٍ تجارب غريك Guericke (وبخاصة تجربة الجُرَيْسِ المخبأ داخل الوعاء الفارغ والذي لم يعد يسمع صوته) بفضل شكل الجرس (القبة) الواسع الذي اعطي لشكل الوعاء ، اقول اعترف روبرت بويل علناً بان غريك هو المخترع (نيو اكسبريمنت فيزيوكو ميكانيكال ، 1660) . والى غريك ايضاً يعود الفضل في فكرة استعمال مانوميتر (مقياس ضغط سائل) محصص للتثبت من ندرة الهواء والى حد ما لقياس الفراغ .

ان التحسينات المتتالية المُدخلة على الآلة ، من قبل هويجنس Huygens ودينيس بابان Denis Papin وغيرهم من الفيزيائيين الاقل شهرة ، - تتناول تفصيلات تقنية عملياتية (حثفيات ذات تثقيب مزدوج او مثلث ، صبايات ، الخ) بقصد تخفيف الحسائر او الفراغات المضرة . ولكن يمكن القول ان هذه التحسينات لم تتناول المبدأ الاساسي . ولكن في منتصف القرن 17 ، وبفضل باسكال واوتو غريك احتل الفراغ المكانة الثابتة في العلم . ونقع في الخطأ ، مع ذلك ، ان اعتقدنا - بذات الحقبة - ان التجربة البارومترية وتفسيرها السليم لم تعد تثير التناقضات . تناقضات نافعة اذ بفضلها تمت تجارب بويل Boyle حول مطاطية ومضغوطة الهواء (1661) . ولكن بويل لم يستكشف جدوى نتائج الكمية وترك لتونيلي Towneley اسبقية تصور القانون وصياغته ، هذا القانون الذي يسمى خطأً ، حتى الآن ايضاً ، بقانون ماريوت : التناسب المتعكس بين الحجم والضغط في الحرارة الثابتة . وادى هذا القانون

- الذي تكرر التثبت منه عدة مرات - الى سلسلة من التحسينات ادخلت على مضخات الضغط وعلى المانومتر ، ولكنه لاقى العديد من التناقضات . ويؤكد جاك برنولي ، خاصة سنة 1683 ، انه تحت حجم معين ، وعندما تتلامس خلايا الهواء كلها ، فان اي ضغط مهما كان لا يعود ممكناً . في حين كان ماريوت - الذي اقر باهمية القانون والذي اعاد تجربته (1679) - يؤمن بوجود حد آخر هو (استحالة تندير الغاز تحت الجزء (4000) من التركيز العادي) ، اثبت امونتون Amontons بطلان هذه الفرضية وان صحة قانون بوال - ماريوت Boyle - Mariotte مربوطة ببساطة بدرجة حرارة ثابتة (1702) .

الهيدرو - ستاتيكا وطريقة باسكال - مهما كان مبدأ ارخيدس مدهشاً ، فلم يعد ان يكون قانوناً شاملاً . كان سيمون ستيفن ، الذي ورد ذكره في فصل سابق ، اول « معاصر » عرف كيف يتجاوز ارخيدس في تصوراته فكرة الضغط ، الا ان باسكال هو صاحب الفضل بتوضيح موضوع الضغط . في الكتابين اللذين ذكرنا أعلاه ، والنشورين سنة 1663 ، والمكتوبين على ما يبدو بين 1651 و1654 ، اعلن باسكال بوضوح انه على غشاء كتلة مائلة مستقرة تكون القوة الضاغطة في كل ناحية متناسبة مع سطح الانطباق .

وقد اعطى لمساعيه تبريراً اولياً يرتبط بستايتك [ثبوت ، جود] الاعمال الممكنة عند ديكارت . فدفع مكبس صغير السطح في مكان ما ، نحو داخل السائل ، وبعمق معين يعادل دفع مكبس اعرض بمئة مرة انما على عمق اصغر بمئة مرة ، في مكان آخر . في الحالين الكتلة المزحزحة هي نفسها . ويذكر باسكال الاستمرارية والسيولة ، ولكنه لا يرى انه يركز على لا انضغاطية السائل الذي عليه يحلل ، اي الماء ، وعلى دوام الحجم ، في كل تغيير للشكل انطلاقاً من حالة التوازن .

لا شك ان هناك شعوراً بعدم الثقة هو الذي يدفعه الى اضافة حجة لا يمكن ان يفهمها الا الجيوميتريون وحدهم ، وربما مررها « الآخرون » . سنداً لمجموعة مكبسي الآلة المائية الضاغطة في حالتها التوازنية ، ونظراً الى الترابط بواسطة السائل المحبوس في الاوعية المتصلة ، اثبت باسكال ان مركز الثقل في المكبس (اللذين يتناسب وزنها مع مساحتيهما) لا يمكن ان ينزل ، واستند بدون ان يقول ، على مبدأ توريثلي بالنسبة الى الانظمة الوازنة . ولكنه قصر ، حين اكد انه من الواجب « التسليم بان وعاء مملوء بالماء ، وله فتحات ، وله الفتحات قوى تتناسب معها ، عندها تكون هذه القوى في حالة توازن . وفي نقل مبدأ الحد الادنى السائد في الانظمة الوازنة ، لم يتجاوز باسكال مرحلة الطفولة الصغرى .

الا ان له الفضل في انه ترك للاجيال بعده عبارات رنانة : ان الوعاء المملوء بالماء هي آلة ميكانيكية من اجل تضعيف القوى . وعندما انتقل من الهيدروستاتيكا ، الى ثقل الهواء (الذي لم يعد احد اليوم ينازع بشأنه) ، اخذ يبحث في حساب كل كتلة الهواء الموجودة في العالم .

وتحدى آخر تلامذة ارسطو - اللذين قبلوا التحدي الى حد ما - ان يبرروا عن طريق الخوف من

الفراغ كل المفاعيل التي يفسرها ضغط الهواء . وكان متمكناً من سر الكتابة والمناظرة . ونعرف عن طريق « الافكار » انه كان يرفض لنفسه اولى ديكارت :

« ديكارت - يجب القول بصراحة : هذا يتم بالرسم والحركة . لان هذا حق . ولكن القول ما هما ، ثم تركيب الآلة ، ان هذا سخف ، لان هذا غير مفيد وغير مؤكد ومتعب » .

ومع اعطائه المفاهيم الديكارتية سمة البراعة ، لقد فضل باسكال اذن اسلوباً يقوم على التصور السريع لمبادئ عامة ومنها ان التجارب (مثل صعود الماء في اجسام المضخه ، وفي انبوب توريشلي) تغلب فيها العواقب اكثر مما تغلب فيها نقطة الانطلاق . ويعطي ما قلناه اعلاه عن التجربة الكبرى ، من وجهة النظر هذه ، فلسفة للطريقة الباسكالية عبر عنها بقوة ليون برونشفيك Léon Brunschvicg وبير بوترو Pierre Boutroux .

ويتزع العلم الحديث الى اعطاء ديكارت الحق ، على الاقل لديكارت المجهول . وتنطلق النظرية الفيزيائية من التجربة لتعود اليها وهي تصوغ التنبؤات . ولكن في هذه الاثناء تبدو هذه النظرية حرة في مراقبة ما لا تمكن ملاحظته ومراقبة كل العناصر المجردة المفيدة في تحليلها ، واذا يدا هذا ثقيلًا في بعض الاحيان ، الا انه لا يعتبر اقل فعالية ، ولا اكثر غموضاً من اعطاء الافضلية للمعلومات العامة .

IV - المدرسة الديكارتية

لقد كان ديكارت يعرف انه لم يعالج الا العموميات في الفيزياء ، ولكنه ظن انه وضح وصاغ المبادئ بشكل دائم ان لم يكن نهائياً . ولهذا دعا ، في مقدمة الطبعة الفرنسية لكتابه « المبادئ الفلسفية » ، انصاره الى مهمة تجريبية :

« اعلم انه قد تمضي عدة قرون ، قبل ان تستخرج من هذه « المبادئ » كل الحقائق التي يمكن استخراجها منها . ذلك ان غالبية الحقائق الباقية للكشف ، تتعلق ببعض التجارب الخاصة ، التي لا يعثر عليها بالصدفة ، بل يجب البحث عنها باعتناء . وكرم من قبل اشخاص اذكاء جداً » .

ان الفيزياء الديكارتية علمت اولاً في اوترخت ثم في ليد . وكان اول استاذ ديكارتي ، رينيري Reneri ، قد عاش بحذر في الظل ، ظل الفيلسوف . وبدأت المتاعب مع رجيوس Regius ، الذي نشر في امستردام سنة 1646 « الفيزياء الاساسية » (فوندا ماننا فيزيا) فانكره ديكارت . ومب الاعتراف اذا كانت متافيزياء ديكارت قد بترت جداً من قبل رجيوس فان المدرسية ظهرت من جديد في كتابه ومعها موكبها من الاشكال والتحويلات والصفات .

ووفاء للذكرى المعلم ، جهد كليرسيلي Clerselier في نشر رسائل ديكارت ، فظهر منها ثلاثة مجلدات سنة 1657 و1659 و1666 . واطال كليرسيلي ، بمقدار ما اسعفته قواه ، مع الاستعانة بشروح روهولت Rohault ، النزاع الذي قام بين ديكارت ، في حياته ، وبين فرمات بشأن النموذج

الميكانيكي، المرتكز على تشاكليّة [شبه في الشكل] دقيقة اعطاها، في كتابه « ديوبترك » قوانين حول الانعكاس والانكسار.

روهولت - ولكن اكبر استاذ في العلم الديكارتي كان جاك زوهولت ، الذي ساد كتابه « الفيزياء » (1671) طيلة ستين سنة ، وكان يدرس عادة في كميريدج حتى زمن نيوتن .

شرح زوهولت طريقة ممتازة بشرت بالقرن 18 ، وقد شجب بأن واحد التجريبية الخالصة وكذلك الاتكال المطلق على العقل . وقد ميز بين ثلاث فئات من التجارب : التجارب التي تقتصر على مجرد شهادة الحواس ، والتجارب المفتعلة ، انما التي لا تستطيع معرفة ما يمكن ان يحصل او ما يمكن ان يعرف . واخيراً التجارب التي يتوقعها التحليل العقلي . واذا كانت هذه الاخيرة هي الاكثر نبلاً والاكثر فائدة بالنسبة الى الفيزيائي ، فلا يعني ذلك وجوب احتقار الشكلين الاولين للتجريب .

وبقي زوهولت ديكارتيّاً فيما خص تعريف ودراسة انعدام الفراغ . لقد برر مبدأ الجمود ببراين استمدتها من غاليليه ومن ديكارت . وقواعده حول الصدمة تبدوا بسط واصح من قواعد ديكارت ، ولكنها لا تترجم بأمانة إلا حالة الصدمة غير المطاطية . أما الهيدروستاتيك عنده فيلتزم بهيدروستاتيك باسكال في كل ما خص تجارب الفراغ . ولكن تأويله يبقى ضمن الروحية الديكارتيّة : هناك مادة حقة فوق الزئبق في انبوب البارومتر .

ويشير زوهولت الى الملاحظات عبر الميكروسكوب ، وبصورة خاصة الى التفصيلات التي تكشفها لنا هذه الملاحظات حول تشريح ليمونة ، لكي يبرر اللاملاحظات في الاولية الديكارتيّة . وهكذا يرفض « ان يقع في ضعف اولئك الذين يجنون تافهاً كل ما يعرض عليهم من الاشياء التي ليس لها علاقة بافكارهم الخيام ، عندما يكلمون عن مادة مرهقة بفتح تحركها وصغرها المجال امامها ويعطيها اينما كان مكانة ومقاماً » .

ان علم نشأة الكون (كوسموغوني) عند زوهولت ينطلق من ثلاثة عناصر ديكارتيّة . ولكن نموذجها مبسط .

درس زوهولت بالتفصيل كل ظاهرات التوتر السطحي : العدسات المقعرة ، صعود السوائل في الانابيب الشعرية . قال ليبينز بهذا الصدد : « لا اعرف الا الانابيب الصغيرة انابيب زوهولت التي تستحق اسم الاكتشاف الديكارتي » . ومدح فلورين بيريه Florin Périer وزوهولت Rohault بما يشبه ذلك في مقدمته لكتب باسكال التي نشرت بعد وفاته .

وقد خدمت فيزياء زوهولت ، الايقنة والواضحة في كتابتها ، والسهولة التناول امام جمهور كبير من الناس ، اقول خدمت القضية الديكارتيّة ، اكثر مما هو مطلوب ، بحيث انها شكلت عائقاً جدياً صد قبول ميكانيكيات جديدة اكثر تجريداً واعمق علماً .

نحب الاشارة ، الى جانب زوهولت ، الى ريجيس Régis الذي فاق نشاطه الفلسفي نشاطه

العلمي باشواط . كان ريجيس عالماً موسوعياً، وميسراً ممتازاً للعلم . فقد عرف ان يلحق بالديكارتية الموسعة الوقائع الاخيرة المعروفة بفضل التجربة . وقد ساعد بما له من سلطة في تدعيم مركز الديكارتيين، رغم الاضطهادات الرسمية ورغم مقاومة الجسم التعليمي .

مالبرانش Malebranche - يعتبر مالبرنش المفكر الكبير الوحيد الذي نهج النهج الديكارتى في عصره . واذا كان قد بقي أميناً لطريقة ديكارت ولبيادته، فانه اعطى لنفسه الحق بان لا يعتبر ديكارت معصوماً . فيقول : هناك حالات اخطأ فيها هذا الرجل العظيم . وبينها هو فيقول : « عند قراءة كتب ديكارت . . يجب ان لا نصدق شيئاً مما يقول الا اذا اجبرتنا الحقيقة على ذلك » . واذاً فرفض اي شيء بدون فحص يعني سلوك منهج ديكارت .

لقد خالف مالبرنش - وبالنسبة الى نسبية الحركة، لا يعتبر قوله تقدماً - وعن عمد تناظرية ديكارت ، اي التناظرية التي وضعها بين السكون والحركة . فمالبرنش يرى ان السكون ليس الا « مجرد حرمان » لا يفترض على الاطلاق وجود ارادة ايجابية عند الله . وبالمقابل تقتضي الحركة « فعالية »، اي ارادة ليست الا للخالق .

ثم انه لا بد، من جهة اخرى، من سبب اخر غير مجرد السكون النسبي لاجزاء جسم صلب، من اجل تفسير التماسك . وقد وجد مالبرنش هذا السبب في حركة المادة اللطيفة التي تحيط وتضغط على اجزاء الجسم . وهو يفسر بنفس الشكل المرونة والسيولة . وفي كل هذا نلاحظ قرباً من تجارب ليبنتز في شيباه .

وفي موضوع الصدم يتفوق مالبرنش على ديكارت، ويأتي بعد هويجنس Huygens وواليس Wallis ورن Wren وماريوت Mariotte، اي انه تحكم بقوانين واضحة، حلت محل قواعد ديكارت المسبقة . ولكن مالبرنش حرص على ان يفسر هذه القوانين تفسيراً فيزيائياً، وفقاً للاستلزام الديكارتى :

« يقول مالبرنش في كتابه « البحث عن الحقيقة » : يبدو لي واضحاً ، ان كل جسم بذاته طري للغاية، لان السكون لا يمتلك ابداً القدرة لكي يقاوم الحركة ، وبالتالي ان اي جزء من اي جسم اذا دفع اكثر من الاجزاء المجاورة له فانه يفصل عن هذه الاجزاء الباقية . بحيث ان الاجسام الصلبة لا تبدو كذلك الا بفعل ضغط المادة غير المرئية التي تجاور هذه الاجسام والتي تتسرب الى مسامها . . واذاً يجب ان ينظر الى الاجسام التي تسمى صلبة كما لو كانت طرية . على الاقل الى اللحظة التي يكون فيها ضغط المادة اللطيفة كاملاً يجعل هذه الاجسام متماسكة » .

ومالبرنش بهذا يزايد على فيزياء ديكارت، إلا أنه يستفيد من فيزياء هويجنس، فيستخدم الاعاصر او الدوامات بعد ان يستكملها ويضاعفها تضعيفاً لا نهائياً ، في التفصيل . ان حركة المادة الاثرية لا تقتصر على الدوامات الكبرى التي تجر معها الكواكب حول الشمس، او التوابع حول الكواكب . وفي التفصيل الاخير تدور المادة بشكل دوامة سريعة جداً ، ولما كانت المادة تقسم الى ما لا نهاية له ، ولما كان السكون خالياً من الحركة فان الدوامات الصغرى هي التي تضطر بفعل مقاومتها المتبادلة ان تتعادل

فما بينها، وان توازن حركاتها التي تؤمن تماسك الاجسام الصلبة فتضغط على اجزائها . وهكذا نجح مالمبرنش بابرار نظام حق للعالم بفضل نموذج دوامي مزود بهيكلية رياضية لا تعرفها الدوامة او الاعصار الديكارتى .

« يقول مالمبرنش : استطيع وبحق ان اصغر بملايين الملايين اقطار الدوامات الصغرى، اي بكلمة استطيع ان اعطيها صغراً لا حدود له، الامر الذي يعطيها قوة نابذة الى ما لا حد له . »

لقد قبلت الكلمة : انها القوة النابذة اي الهاربة من المركز، هي التي تجعل الدوامات الصغيرة عناصر كاملة المرونة. مزودة بطاقة رهيبة ، عناصر تفسر المظاهر الطبيعية : اثار الرعد، بارود المدافع وكذلك توليد النار ثم التفاعلات الكيميائية .

وتبدو الجاذبية في نظر مالمبرنش ظاهرة هيدروستاتية لها مركز في وضع الكتل الاعاصيرية بقرب مراكز الدوامات الكبرى .

V = هويجن

كان هويجن ابن رجل ادب . وكان هذا الاب صديقاً ومعجباً بديكارت . ويفضل هذا الوسط المميز وضيع هويجن على عتبة البحث باكراً . وقد ذكر بنفسه، في اواخر حياته، كيف ان الاطلاع المبكر على الفيزياء الديكارتية قد طبعت ببقائه .

« لقد وجد مسيو ديكارت الوسيلة لكي يجعل من ظنونه واوهامه حقائق . وقد حدث لاولئك الذين قرأوا « مبادئه الفلسفية » شيئاً شبيهاً لاولئك الذين يقرأون القصص السارة التي تحدث نفس اثر الوقائع الحقة . وجدة صور جزئياته واعاصيره تعتبر تسلية في كتابه . وقد خيل إليّ وانا اقرأ هذا الكتاب « المبادئ » لأول مرة ان كل شيء في العالم يسير على افضل ما يرام ، وظننت، عندما كنت اغتر على بعض الصعوبات ، ان الخطأ مني ، باني لم افهم فكره . فقد كان عمري بين 15 و16 سنة . ولكني بعد ان عثرت من وقت الى آخر على اشياء ظاهرة الخطأ، وعلى اخرى غير معقولة ، فقد تراجعت عن الاهتمام الذي كنت فيه نحوه . »

قوانين الصدمة وانتقاد ديكارت - منذ 1652 اخذ هويجن يشك في صحة قواعد ديكارت حول الصدام بين الاجسام ، كما لم ترضه التفسيرات التي تلقاها من 'شوتن Schooten، الديكارتى المتزلم ، حتى انتهى به الامر الى التصريح في 29 تشرين اول 1654 : « اذا كانت كل قواعد ديكارت، باستثناء الاولى، غير صحيحة فذاك لانني لا اعرف التمييز بين الخطأ والصواب . »

ولم يعثر هويجن ايضاً على الصواب، في رأيه، في كتب ماركوس مارسى دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland، بعد ان عثر عليه في انفرس في حزيران 1654 . اذ ليس من المؤكد ان تكون القراءة التي قام بها مباشرة، في هذه الكتب، حول الصدمة التي تقع في الاجسام ، كانت بالنسبة اليه

بدون نتيجة ، ان تحليلات عالم براغ تركزت على ظاهرة الصدم بالذات التي تجرح ، بخلال وقت قصير جداً ، الاجسام التي تتلامس وتحمل على التمييز بين الاجسام الطرية والصلبة ، علماً بان هذه الاخيرة تنقسم الى ركيكة (زجاجية) ونامة الصلابة (ضوائية) . واذا ظل تجريدياً خالصاً ومبهماً الاسلوب الذي استقى منه ماركوس مارسى Marcus Marci الدفع الذي تسببه الصدمة ، عند تحليله للتشوهات والتغيرات في الشكل ، فان هذا الاسلوب يمتاز بانه يعارض المعالجة الجيومترية الخالصة للمسألة ؛ وانه يدخل فكرة الجرم ، والعلاقة بين الاجرام كعناصر مميزة من شأنها التمكين من وضع بناء نظري . كما ان هذا الاسلوب ينطبق ايضاً على الحالات التي يكون فيها احد الاجسام في البداية ، في حالة سكون فيعطيه قيمة مثلية قد يكون لها أثر على مبدأ النسبية التي طبقها هويجن بعد عدة سنوات . ومهما يكن من أمر فان هويجن أسر في 2 ت² 1657 إلى شوتن Schooten بما يلي : « امتلك قواعد اكيده (حول صدم الاجسام) ، ولم يعجبني شيء أكثر من ان أراها تنطبق على التجربة » . ولكن كان من الواجب انتظار المسابقة المفتوحة من قبل (الجمعية الملكية) في سنة 1666 ، للحصول على الحل الذي وضعه هويجن وهو حل لم يرسله إلا بعد تأخير ، وبعد الحلول التي قدمها واليس Wallis ثم رن Wren .

وقدم واليس Wallis قوانين صحيحة عن صدمة الاجسام الصلبة (أي المحرومة من المرونة) أما رن Wren فقدم قواعد الصدمة المرنة ، دون ان يدعمها بتيان حقيقي . أما مذكرة هويجن الأكثر علماً فقد عاجلت ايضاً الصدمة المطاطية المرنة . وذلك انطلاقاً من مبدأ الجمود ، من مبدأ النسبية ، وبحسب البديهية التي تقول ، ان جسمين متساويين تحركهما قوتان متساويتان ، يصططدمان مباشرة فيقفزان ، كل واحد منهما بالسرعة التي يمتلكها ، اما مبدأ النسبية التي اشار اليها هويجن ، فيقوم على الافتراض بأن ظروف الصدمة كانت هي ذاتها ، في مرجع معتبر ثابتاً ، وفي مرجع متحرك ، يحركه بالنسبة الى الاول انتقال مستقيم وموحد ، وبفضل هذا المبدأ استطاع هويجن ان يرد كل حالات صدام الاجسام المتساوية ، الى حالة التناظر ، التي هي موضوع البديهية المشار اليها اعلاه . اما المسألة العامة ، مسألة صدام جسمين غير متساويين ، فقد تخلف هويجن ، وكذلك رن عن اعطائها التبيان اللازم الذي لم يظهر الا في كتابه الذي صدر بعد وفاته : « موتو كوربوروم 1700.... » .

وقد عاد ماريوت الى نظرية الصدم في كتابه المسمى « معالجة الردة او صدمة الاجسام »

1673

ودون ان يجدد ماريوت Mariotte بصورة اساسية في الاعمال السابقة ، فان كتابه هذا يتميز باتجاه واضح التجريبية . واقنع ماريوت عن الاجسام الصلبة ، تماماً بالمعنى الذي اراده واليس Wallis ، ولم يحتفظ إلا بالاجسام المرنة الشديدة المطاطية ، والمرنة بدون مطاطية أي الطرية جداً . وقد تميز ماريوت ايضاً بأنه اشار بأن كمية المادة من جسم ما وليس وزنه هي التي تتدخل في ضخامة كمية الحركة ، وبالتالي في الصدمة . واهتم ماريوت ايضاً في البحث عن مراكز الارتداد .

القوة النازعة والثقل - نعود الى هويجن والى اكتشافه الاساسي لقوانين القوة النابذة . ويبدو انه

قد جُرَّ الى هذا البحث بفعل قراءة غاليليه وديكارت، وايضاً بفعل الرغبة العملية في بناء ساعة ذات رقاص مخروطي .

واكتفى هويجن في حياته بان ينشر في نهاية كتابه الكبير : اورولوجيوم أوسي لاتوريوم L'Horolo-gium oscillatorium (1673) ، (الاعلان عن 13 اقتراحاً حول القوة النابذة أو النازعة عن المركز. ومع ذلك فقد كتب بعد 1659 بحثاً « في ستريفوجيه » De vi Centrifuga وهذا الكتاب لم يظهر الا في سنة 1703 .

ومن اجل دراسة النزعة النابذة لجسم مربوط في دولاب يدور، لجأ هويجن الى نقطة ارتكاز فعلية مرتبطة في الدولاب. ودلت اعتبارات جيومترية خالصة، بان الجسم اذا فرض انه ترك في نقطة A من الدولاب (وهرب عن طريق المعاس) فانه يرسم في بداية هذه الحركة وبالنسبة الى النقطة A التي تدور مع الدولاب فضاءات تتزايد تزايد مربعات الاعداد الصحيحة المتتالية : 1, 4, 9, 16, وإذا فكرونا توس Le Conatus الجسم المربوط بدولاب دائر هو نفسه كما لو كان هذا الجسم يتزع الى التقدم وفقاً لشعاع حركة متناسقة التسارع . ومن هنا تنبثق القوانين الكمية في ما يسمى Vis centrifuga ، التي تعتبر في المرجع الدائر، وفي نظر هويجن، قوة حقة كحقيقة الجاذبية الارضية .

في البحث عن مبدأ حفظي - صرح هويجن في كتابه حول الساعة ذات الرقاص « أورولوجيوم أوس لاتوريوم » L'Horologium Oscillatorium : « إن العالم الكبير مرسين أعطاني كما أعطى غيري ، عندما كنت طفلاً صغيراً ، البحث عن مراكز الأرجحة أو الاضطراب » . ان نقطة الانطلاق عند هويجن في هذا البحث سوف تكون مبدأ توريشلي Torricelli ، المعمم على عدد من الأجسام الثقيلة ويقول آخر في كل حالات الأرجحة في الفراغ ، تصعد نقطة الثقل النوعي في النظام ، تماماً الى الارتفاع الذي سقطت منه . فضلاً عن ذلك قال هويجن بحفظ ما سماه ليبينز بالقوة الحية ، في كل صدمة مطاطية . هذه الاعتبارات الطاقوية الأبسط جداً من الطريق التي سلكها ديكارت وروبرفال ، سمحت لهويجن ، بعد ان كان قد جرب بحذر أنظمة يتزايد تعقيدها ، بأن يحل هذه المسألة حلاً عمومياً ، وذلك بعد 1664 بالاستناد الى المخطوطات التي تركها . ولم ينل هويجن موافقة اجماعية من قبل معاصريه . وقد دخل ، في هذا الموضوع ، في نقاش كلامي مع الأب كاتيلان ، ومع جاك برنولي ومع مركز ديلوبيتال de L'Hospital .

وقد عاد هويجن ، الذي جرب في كل عمله الميكانيكي ان يدعم وان يضخم غاليليه ، عاد الى تبين قوانين سقوط الاجسام ، مدخلاً في كل لحظة غير قابلة للانقسام زمناً ، تركيب السرعة المكتسبة، وتركيب السقوط الجديد للاجسام .

نظرية الرقاص - عالج هويجن بواسطة هذه القوانين نظرية الرقاص . فقد عرف مع مرسين Mersenne ، وعكس تأكيدات غاليلي ، ان تواق أرجحات الرقاص الدائري محدود ومقصود على الارجحات الصغيرة .

بحث هويجن في تحديد مدة نزول الرقاص ومقارنتها بمدة السقوط الحر . ومن اجل حساب هذه المدة بواسطة طريقة اللانقسمات ، أحل هويجن محل قوس الدائرة التي يرسمها الرقاص البارابول المماسي في النقطة الأسفل . وقد حصل بالتالي على مدة من التآرجحات الصغيرة في الرقاص . ولكن هذه النتيجة لم ترض هويجن لا كجوميترى ولا كساعاتي . فقد أراد ساعة تتوافق مع أي مدى كان . ولهذا يتوجب وجود نقطة في مكان محدد بدقة فوق خط البارابول وقد حله هذا الى إبدال الرقاص الدائري بالرقاص الدوري (cycloidal) بعد أن قدم نظرية كاملة عنه وبالموازاة بين ساعات سيكلويدية في سنة 1657 .

نسبية الحركة بين غاليليه ونيوتن - لم ينقطع هويجن في كل حياته العملية عن التفكير في الموضوع الديكارتي حول نسبة الحركة ولهذا بدأ بمعارضة النسبية بالنظر الى الانتقال المستقيم المتسق (ويسميه الحركة المستقيمة) بالصفة الضمنية الداخلية للحركة الدائرية : « إن الحركة المستقيمة ليست الانسبية بين مختلف الاجسام . والحركة الدائرية هي شيء آخر ولها مركز (؟) لا يوجد للخط المستقيم » وكان هذا المعيار بالنسبة الى هويجن ، توتر خيط تحت تأثير القوة النابذة لجسم مربوط بهذا الخيط .

ولكن فيها بعد وبعد أن اطلع على مبادئ نيوتن ومعارضة لمطلقات نيوتن عاد هويجن ، في موضوع النسبية الى الطرح الديكارتي :

« ليس بالامكان بأي شكل من الاشكال تصور الحركة الحققة والطبيعية لجسم صحيح وكأنها تختلف عن سكون هذا الجسم . وفي الحركة الدائرية كما في الحركة الحرة والمستقيمة ايضاً ، لا وجود الا للامر النسبي » .

ويعتبر عمل هويجن الحلقة الاساسية بين غاليليه ونيوتن ، ويقدم هذا العمل مثلاً اول عن علم متخلص تماماً من عقائد « المدرسة » : ويعتبر هويجن مثال الفيزيائي : دقيق جداً في مراقبة الوقائع ، الا انه لا يتصور التجربة الا في خدمة العقل .

VI - المدرسة الانجليزية بين ديكارت ونيوتن

في حوالي سنة 1650 انتشرت الفلسفة الديكارتية انتشاراً واسعاً في انكلترا . الا ان التيار الفكري الذي ساد في هذا البلد كان مختلفاً تماماً عن التيار السائد في القارة : فقد كان باني واحد مادياً اكثر، وذات نزع تجريبية أقوى ، كما كان اكثر لاهوتية .

وكان هوبز Hobbes يعتبر بطل الاولية الكاملة ، وذلك برفضه ما تضمنته طروحات ديكارت ، من روحانية ولو ظاهرة على الاقل .

إن الانسان يمكن أن يفسر بلغة الميكانيك . والرؤية تحصل من جهدين (أوكوناتوس Conatus)، أحدهما خارجي ، يأتي من الشيء ، في حين ينشأ الآخر فينا . ويحدث الصدام استيهاما ماهاه هوبز بعمل الرؤية .

والفضاء ذاته هو وهم لا نرى فيه شيئاً الا انه خارج منفصل عنا . والحقيقة المطابقة هي . « الامتداد » الميزة الأساسية في الاجسام .

في الطبيعة ، توجد حركة ، ولكن لا يوجد زمن ، لان الزمن هو وهم مجرد مرتكز على الذاكرة وعلى الاستباق .

والحركة لا يمكن ان تكون مفعولاً عفويّاً * فالجسم لا ينتقل من السكون الى الحركة دون يحركه جسم آخر مجاور له .

وهوبز Hobbes متفق مع ديكارت في رفض الفراغ . ونعمير الفضاء كله بالاثير .

وحاول هنري مور Henry More وهو افلاطوني من كمبريدج ان يدعم ، في مواجهة مادية هوبز ، حقيقة ازلية الجواهر الروحانية . ضد ديكارت ، رغم اعتباره اياه كأول مفكر في عصره ، رفض ممهاة المادة مع الاتساع . واخيراً ، واكثر من ديكارت ايضاً اصر على وجوب الحاجة الى تصور ديني لنشأة ولدوام اداة العالم : وهذا ما سماه « روح الطبيعة » المفوضة من سلطة الله على المادة .

كان مور More مقتنعاً بوجود فضاء مطلق متسق وغير قابل للتغير ، هو اطار ضروري للحركات . وهذا الفضاء هو جوهر روحاني ، يعطيه مور كما يعطي الخالق الصفات التالية : « البساطة الازلية الابدية الكمال الاستقلال الوجود ، البقاء بالذات ، عدم الفساد ، الضرورة أو الوجوب ، الاتساع والضعامة ، غير مخلوق وغير محدود ، بدون حدود ، دوام الوجود ، اللاجسمية ، النفاذ ، الشمول ، لكل الاشياء الجوهرية ، الحضور ، الحقيقة المطلقة » .

ومع روبر بويل Robert Boyle نعود الى فيزياء اكثر تحديداً . فبويل يعتبر ديكارت وغاسندي Gassendi كملعلميه ، دون ان يهتم بخصامهما ، بدا ذرياً ونادى بفيزياء جزيئية ، تنسجم مع المبادئ الديكارتية . وهو مؤمن بوجود اثيرين مختلفين في الكون . الاول ينقل الاعمال الميكانيكية ، كما تنتقل الاجزاء عند ديكارت والثاني ينقل الاعمال المغناطيسية وفقاً لاسلوب جيلبرت Gilbert .

ولا يكفي بويل Boyle بالاسباب الفعالة وحدها . ان العلم التجريبي عاجز عن اعطائنا تفسيراً للاشياء . وهذا التفسير يجب ان يفتش عنه خارج الاولية : من الواجب اللجوء الى (فاعل) ذكي يتحكم بكل الاشياء .

واذا كانت المدرسة الانكليزية في عصرها لم تعلن قوانين وضعية كالثي وردت في ميكانيك نيوتن ، فان الميتافيزيك الذي استعمله نيوتن فيما بعد ، قد سبق ورسم ان لم يكن قد حدد .

VII - نيوتن

يعتبر عمل نيوتن الذي فتح امام الديناميك حقل نظام العالم ، ثمرة قدرة عجيبة على التجريد في خدمة الفكر الفيزيائي .

المفاهيم النيوتونية وقوانين الميكانيك - تبدأ « الفلسفات الطبيعية والمبادئ الرياضية » ، التي صدرت من كلية التريتي Trinity ، في كمبردج ، في 8 أيار سنة 1686 ، بتعاريف وبقواعد او قوانين حول الحركة تشكل القانون الاول الذي رسم لعلم الميكانيك .

وفي هذا الكتاب يبدو مفهوم الجرم تحت اسم « كمية مادة » . وبواسطة هذا المفهوم عرّف نيوتن كل الاجسام من كل الصفات الغريبة عن فيزيائه الرياضية . وبالمقابل تحفظ في استخدام فرضية الاثير لكي يمكن كل المسائل التي استطاع ان يربطها بفكرة الجرم .

وتتحدد كمية الحركة بحاصل ضرب الجرم بالسرعة والقوة المحرّضة تتناسب مع الجرم ، وهي تعبر عن جهودية المادة . اما القدرة التأثيرية (Vis Impressa) فهي العمل الذي يوجب على حالة جسم ما ان تتغير ، سواء كانت هذه الحالة الحركة المستقيمة والمتسقة او كانت سكوناً . وهذه القدرة التأثيرية يمكن ان تحدث بفعل المصادمة او التصادم ، والضغط او بفعل القدرة الذاتية (Vis Centripeta) وهذه القوة الاخيرة هي القوة التي تدفع بجسم ما نحو مركز ما . انها فعل مسافي . في حين ان القدرتين الأوليين هما فعلا مس .

ويميز نيوتن ايضاً بين الكميات المطلقة ، السرعة والمحرّكة في القدرة الذاتية المركزية . ان الكمية المحركة هي التي تتدخل في القانون الاساسي للحركة .

وسواء تعلق الامر بالوقت او بالفضاء او بالمكان او بالحركة ، يطلب نيوتن التمييز ، امام هذه المفاهيم ، بين المطلق والنسبي ، بين الحقيقي والظاهر بين الرياضي والعامي . والمطلقات النيوتونية ، الزمن والفضاء هما مطلقات مدوسة كمبردج : الفضاء المطلق كما فهمه هنري مور Henry More ، وبصورة مباشرة ايضاً الزمن المطلق كما فهمه اسحاق بارو Isaac Barrow .

والى جانب الزمن المطلق يدخل نيوتن الزمن النسبي الظاهري العامي وإلى جانب الفضاء المطلق ، النسبي الذي هو من نفس طبيعة الفضاء المطلق إلا أنه يختلف عنه « بالعدد » .

والحركة بالنسبة الى نيوتن هي نقل جسم من مكان الى اخر . وهي مطلقة اذا كانت الامكنة المتعبرة مطلقة ايضاً ، وهي نسبية اذا كانت هذه الامكنة نسبية .

ولكي يتوصل نيوتن الى الحركة الحقيقية والمطلقة في جسم من الاجسام الف الحركة النسبية في هذا الجسم في المكان النسبي حيث ينظر اليه مع الحركة النسبية بهذا المكان بالذات في مكان اخر حيث

يوضع ، وهكذا دواليك ، شيئاً فشيئاً ، حتى يتم الوصول الى مكان لا يتحرك اي الى مرجع او مرتكز الحركات المطلقة .

وعلى هذا فالحركات الظاهرة هي فروقات الحركات الحقة في حين ان القوى هي الاسباب وهي مفاعيل الحركات الحقة . وهكذا ننزى القوة بسمة مطلقة .

ويعتمد نيوتن، كمركز مطلق، محاور ترتكز على الشمس وموجهة رؤوسها نحو النجوم الثوابت . في هذا الاطار تكون الحركة الدائرية المطلقة حركة حقة ، وهو استنتاج سوف يرفضه هويجن فيما بعد كما قلنا . واول قانون للحركة اعلنه نيوتن هو قانون الجمود : كل جسم يستمر في حالة السكون او في حالة الحركة الموحدة التي هو عليها ، ما لم تجبره قوة على تغيير حاله .

والقانون الثاني ينص ان التغييرات الطارئة على كمية الحركة تتناسب مع القوة المحركة ، وتحدث باتجاه هذه القوة : فلو فرضنا ان m هي الجرم \vec{v} هي السرعة و \vec{F} هي القوة و t هي الزمن فان هذا القانون يكتب بالترقيم الحديث $\vec{F} d\vec{r} = d(m\vec{v})$ (تغير = direction d) .

والقانون الثالث يكمن في مبدأ تساوى الفعل وردة الفعل ، في اعمال جسمين يتفاعلا ولكن هذا القانون غير ذي قيمة في اعمال التماس . الا ان نيوتن يشمله الافعال من بعيد .

ويقدر نيوتن غالبليه ، لجهة القانونين الاولين للحركة . في مجال قوانين الصدم يذكر ان سابقه هم رن Wren وواليس Wallis وهويجن Huygens وماريوت Mariotte . وقد قام نيوتن بنفسه بتجارب دقيقة حول اصطدام رصاصين ليتأكد من تساوي الفعل وردة الفعل ، دون ان يستبعد الصدمات المطاطية بصورة غير كاملة ، حيث لا تحفظ السرعة النسبية الا ضمن حدود تقريبية (معامل ترجيع عند نيوتن) .

الميكانيك ونظام الكون عند نيوتن - بواسطة هذه المفاهيم وهذه القوانين ، يبذر نيوتن في كتابه المبادئ كمية عجيبة من التبينات الرياضية معروضة وفقاً للطارز الجيومتري ، رغم ان اداة الاكتشاف كانت في بعض الاحيان حساب التدفقات او ما يسمى بحسابات التفاضل .

ولا يمكننا ان نفكر في تحليل عمل نيوتن الكبير تفصيلاً ، في الكتاب الاول بين نيوتن انه بوجه عام ومطلق تكون حركة نقطة بتأثير من قوة مركزية ، مسطحة ، ويتم وفقاً لقانون المساحات - وهو قانون سبق ان وضعه كبلر ، في حالة الدائرتين المتخارجتي المركز ، واشمله المدار الاهليلجي - اي ان الشعاع الذي يجمع النقطة المادية الى مركز القوة يسمح او يرسوم سطوحاً متساوية في ازمة متساوية .

ثم حدد فيما بعد بتحليل جيومتري بسيط ومباشر قانون القوة المركزية التي بموجبها يمكن رسم منحني معين .

وبصورة خاصة اذا كان المنحني اهليلجاً ، واذا اكان مركز القوة يحتل بؤرة في هذا الاهليلج فان القوة تكون متناسبة عكساً مع مربع البعد عن المركز .

ان حركة الاجرام السماوية تدخل هنا ولاول مرة ضمن ديناميك دقيق .

يتضمن هذا الكتاب ايضاً قواعد حول تجاذب الكرات، قواعد تتيح رد حالة الجسم الكروي المتناسق او المتكون من طبقات وحيدة المركز ومتسقة ، الى حالة نقطة مادية .

ويعالج نيوتن في الكتاب الثاني حركة جسم في وسط مقاوم، باعتبار ان المقاومة تتناسب مع السرعة او مع مربع السرعة. كما وضع نظريات حول مقاومة السوائل معتمداً نسبة مقاومة هذه السوائل. مع مربع السرعة. ويبحث في الجسم المتحرك ذي المقاومة الدنيا مع فكرة تطبيق هذه القاعدة في العمارات البحرية. ودرس سرعة انتشار الموجات، سابقاً بذلك لابلاس La Place. وقد ميز بوضوح مفاهيم المائع الكامل غير القابل للضغط عن المائع اللزج، (مع تعريف دقيق لتوتر اللزوجة) وايضاً الموائع القابلة للضغط. وقد تعمق نيوتن في دراسة مسار القذائف او المنحنى وبين بشكل مباشر وواضح وجود خط تقارب مع هذا المنحنى مهما كانت قوة السرعة التي تتناسب معها المقاومة .

ويعالج الكتاب الثالث نظام الكون. ويبدأ (بعد الطبعة الثانية التي نشرت سنة 1713) بقواعد فلسفية، وينتهي بالظواهرات (التي هي رصدات فلكية) . ثم ينتقل الى المقترحات وينتهي بسلم عام يفسر لاهوتية المؤلف ويتضمن التصريح الشهير فرضيات non fingo .

ويدرس نيوتن فيه حركة التابعات لكوكب ما وحركة الكواكب حول الشمس على اساس الجاذبية الكونية. وبين كيف انه يمكن استنتاج العلاقات بين اجرام الكواكب وبين جرم الارض . وحدد الثقل النوعي للارض بين 5 و 6. (القيمة المقبولة اليوم هي 5.5). كما رقم جرم الشمس وجرم الكواكب التي لها توابع. وقدر انبعاج الارض بـ $1/23$ (مقابل $1/297$ المقبول حالياً) واعطى اول حساب يفسر مبادرة الاعتدالين، ودرس التغير بحسب ارتفاع تسارع الجاذبية الارضية، كما عرف بالشذوذات الرئيسية في حركة القمر، وهي شذوذات تعزى الى جاذبية الشمس، كما وضع اسس نظرية المد والجزر واخيراً بين ان مسار المنبتات يفسر بجذب الشمس واوضح كيف يمكن حساب الظروف لعودتها ويبدو مجموع هذه الاكتشافات التي تلاحظ المسار اللاحق لكل ميكانيك السماء ، بشكل عجيب حقاً .

الفلسفة العلمية لنيوتن - نعود لحظة الى « القواعد الفلسفية » التي وضعها نيوتن في مطلع كتابه الثالث. فالقاعدتان الاوليان يقصد بهما فقط تحديد عدد الاسباب المأخوذة في الاعتبار لتفسير الظواهرات . اما القاعدة الثالثة فتهدف الى تذكية التشابه المولد ويقوم على اعطاء كل الاجسام بوجه عام الصفات التي هي من خصائص كل الاجسام التي خضعت للتجربة. وبفضل هذه القاعدة برر نيوتن، بالمقارنة مع الجاذبية الارضية ومع جاذبية القمر على الارض الخ، تأثير الجاذبية الكونية. هذا دون ان يجعل من الجاذبية صفة اساسية في المادة، وذلك بسبب تغييرها بتغير المسافة .

وتفيد القاعدة الرابعة ان الاحكام الحاصلة بالاستقراء انطلاقاً من ظواهرات ماء، هي دائماً عرضة لاعادة النظر بفضل تجارب جديدة، لا بفعل فرضيات جديدة معاكسة .

وطالب نيوتن، متنبهاً بفعل الاعتراضات المحقة التي وجهت اليه من قبل الديكارتين، بشأن نظامه حول العالم، بحريه مراقبة بالتجربة فقط في هذا المجال.

وبوضوح اكبر ايضاً، صرح نيوتن في « سكوليوم جنرال » Scholium generale الذي ورد في كتابه « المبادئ » (ابتداء من الطبعة الثانية) بأنه لم يكن يريد وضع فرضيات :

« لقد شرحت حتى الآن الظواهر السماوية، والظواهر في البحر، بواسطة قوة الجاذبية، ولكن لم أأرد، في اي مكان، سبب هذه الجاذبية .

وحتى الان لم اتوصل ايضاً الى ان استخلص من الظواهر سبب هذه الخصائص. خصائص الجاذبية، ولا التحيل لفرضيات على الاطلاق لان كل شيء لا يستخلص من الظواهر هو مجرد فرضية : والفرضيات، سواء كانت ميثافيزيكية ام فيزيائية ام ميكانيكية، او متعلقة بالصفات الخفية، يجب ان لا تستقبل في الفلسفة التجريبية .

في هذه الفلسفة، تستخلص الاحكام من الظواهر ثم تعمم بالاستقراء .

ورغم هذا الاعتراف الوجداني الایجابي، فقد حصل لنيوتن، في « المبادئ » بالذات ان خرج على موقف « الفرضيات » لا تفترض (Hypotheses non fingo) وعلى القواعد التي حددها بنفسه بشأن كل حدس وكل مشابهة تعميمية . نعطي لذلك مثلاً :

« ان الابخرة التي تتناثر من الشمس ومن الكواكب الثابتة ومن غلافات المذنبات، قد تسقط بفعل ثقلها في فضاء السيارات، وفيه تتحول الى ماء وإلى رطوبات، ثم بفعل حرارة كامنة، تتغير قليلاً قليلاً الى املاح او كبريتات او ملونات او طمي او صلصال، او بطين، او وحل او رمل او حجر او صدف او غيرها من المواد الترابية .

ان الموقف « الفرضيات لا تفترض » هو تراجع تكتيكي عند نيوتن. فقد فوف من المناظرات التي فرضت عليه في مجال البصريات، فازاد ان يختصر كل نقاش - لا اكراه جماهيره - فاعطى لفيزيائه اساساً تجريبياً متيناً ولغة رياضية خالصة .

وعلى هذا النحو، « يصبح العالم الخارجي علماً قاسياً بارداً، بدون لون، صامت وميت، عالم كميات، عالم الحركات المنتظمة انتظاماً رياضياً . أما عالم الصفات النوعية المرئية مباشرة من قبل الانسان فردود الى مرتبة ذات مفعول متدن في هذه الآلة الضخمة . » (ي.آ. برت : المؤسسات الميتافيزيكية في علم الفيزياء العصري) .

ان تكون فيزياء نيوتن الرياضية الخالصة قد نجحت، وان تتم تعريتها من الاستقراء الذي هو في اصل نشأتها وتفرغ المطلقات النيوتونية من محتوياتها الميتافيزيكية والتبولوجية، واستبعاد الاسباب الغائية التي تذرّع بها نيوتن وأتباعها، وتناسي كل الأشكال وكل الرغائيف التي زود نيوتن بها الاثير البصري واثير الجاذبية الارضية، تم التفاوضي عن الدور الذي اعطاه للجاذبية الكونية كمبدأ

ناشط، سواء على الصعيد الكوني أم على المستوى الذري، والتقبل المطلق للأعمال من بعيد التي تحتاز بسرعة خاطفة الفراغات الفضائية الكبرى، ثم التوصل الى جعل الجاذبية الكونية عقيدة، كل ذلك هو تراث منتشر تماماً، ولكنه يبسط جداً تعقيدات البناء النيوتني⁽¹⁾

الواقع ان نيوتن كان عرافاً حقاً [صاحب رؤى]، لم ينفك طيلة حياته العلمية، يحرك الفرضية بخيال الأكثر حيوية والأكثر جرأة. فنيوتن « المبادئ » الذي لا يريد اعطاء الآخرين الا اليقينيات الرياضية، يقابله نيوتن « الاوبتيكا »، الأكثر شفافية والأكثر تفسيراً للصور التي استخدمت كدعامة لفكره الخلاق ..

كان الفكر الفيزيائي عند نيوتن مقروناً بتبولوجيا، يتوجب علينا ان نقول بشأنها بعض الكلام، خاصة وان نيوتن كان له في الاصل، اشياء، في هذا المجال، اكثر من اشياعه حول فيزيائته الرياضية بالذات .

ان الترتيب الذي يسود نظام العالم هو من صنع كائن قدير وذكي. ان الله موجود « جوهرياً » في كل مكان، ودائماً. ونحن لا نعرفه الا عن طريق البنية الممتازة للاشياء وعن طريق الاسباب النهائية. ان التنوع الذي يسود كل شيء في الزمان وفي المكان لا يمكن ان يصدر الا عن الارادة الالهية وعن الحكمة الالهية.

والفهم البشري ليس الا الانعكاس المتناهي الصغر للوجدان الآلي. ويذهب نيوتن في « الاوبتيكا » الى حد جعل الفضاء اللامتناهي « عالم الحس » (Sensorium) حيث يشاهد الله ويفهم كل الاشياء التي تعرض عليه عرضاً آنياً مباشراً .

ان تناسق الكون هو من فعل اعادة قاصدة، واختيار وليس فعل صدفة. اذ ليس لاي سبب طبيعي قدرة كافية على احداثه .

نيوتن ضد ديكارت - كان نيوتن يعرف انه سوف يواجه بطروحات الأواليّة الديكارتيّة . ولهذا حرص على دحضها منذ البداية . ولهذا بين استحالة العثور، كميّاً، على القانون الثالث الذي وضعه كبلر Kepler إذا افترضنا ان الكواكب التابعة تحملها الاعاصير- مع افتراض ان الافعال المتبادلة بين طبقات الاعاصير تتبع قوانين السوائل اللزجة . وكان نيوتن يعلق اهمية بالغة على هذا الدحض : « من المؤكد (صرح بهذا في السكولي في نهاية الكتاب 2 من « المبادئ ») ان السيارات ليست محمولة بأعاصير مادية . . ان فرضية الاعاصير تتعارض مع كل الظواهر الفلكية ، بل هي اولى ان تشيع فيها الاضطراب ، لا ان توضحها . ولكن يمكن ان نفهم من كل ما قيل في الكتاب الاول

(1) من اجل تحليل اوضح يراجع : ر. دوغاس : R.Dugas الميكانيك في القرن 17 (نيو شاتل Neuchâtel وباريس 1954) آ. كواراي A.Koyré : من العالم المغلق الى الكون اللامتناهي (باريس 1962 ودراسات نيوتونية (باريس 1968) .

كيف يمكن لهذه الحركات ان تحدث بدون اعاصير، في فضاءات حرة. وهذا سوف يفسر بصورة افضل في الكتاب الثالث » .

في مكان آخر (اوبتيكس، Opticks كيري 28,Query) وضع نيوتن ، بوجه اعم، استحالة الحركات في «ملان» ديكارت. فمن اجل التعبير عن الحركات المنتظمة والدائمة ، لدى السيارات والمذنبات، من الواجب تفريغ السماوات من كل مادة وربما باستثناء بعض الابخرة النادرة جداً ، وهي وهج يتصاعد من اجزاء الارض، والكواكب السيارة والمذنبات، ومن وسط اثري نادر جداً. . . ان السائل الكثيف لا يمكن ان يستخدم لشيء من اجل تفسير الظواهر في الطبيعة. . . مثل هذا الوسط لا يمكن ان يستخدم الا لشل ولتأخير حركة الاجسام الكبرى وإضعاف اطار الطبيعة. وفي مسام الاجسام لا يستخدم هذا السائل الا لايقاف الارتجافات في اجزاء هذه الاجسام التي فيها تكمن حرارتها ونشاطها. ولما كان لا يستخدم لشيء ، ويعيق عمليات الطبيعة ولا يستطيع الا ان يضعف هذه الطبيعة، فلا يوجد اي دليل على وجوده وبالتالي يتوجب رفضه » .

وقد حارب نيوتن ايضاً حفظ الحركة بالمعنى الديكارتى. وفي هذا الوقت ارتكب خطأ - ربما مقصوداً - خطأ احتساب صفات الحركة حسابياً - كما سبق ان فعل ديكارت - بدلاً من ان يوجهها . وهذا هو استنتاجه :

« نظراً للتنوع ، وللحركات المتناقضة باستمرار، والتي نجدها في العالم، نتأكد من ضرورة الاحتفاظ ومن ضرورة تقوية للحركة بواسطة « مبدأ ناشيط »، مثل سبب الثقل، وبه تكتسب الاجسام سرعات كبرى وهي نازلة ، ومثل سبب التخмир، وبه يكون قلب ودم الكائنات الحية في حركة دائمة ، والاجزاء الداخلية للارض تبقى حارة دائماً ، وبدرجة عالية جداً أحياناً ، الاجسام تحترق وتشتع، والجبال تلتهب، واغوار الارض تنفجر، وتظل الشمس تدفئ كل شيء بنورها . اذ لاقي الا القليل من الحركة في هذا العالم ، حركة ليست اثرأ من اثار المبادئ الناشطة . وفي خال عدم وجود مثل هذه المبادئ ، فان أجسام الارض والسيارات والمذنبات ، والشمس وكل الاشياء ، تصبح باردة ومجلدة وتتحول الى كتل جامدة لا حياة فيها . وتتوقف الحياة، مع كل تخمر، ومع كل خلق ومع كل استنبات وتترك السيارات والمذنبات مداراتها » (اوبتيكا ، كيري 31) .

ومهما كان ميكانيك ديكارت واهياً ، ومهما كان ميكانيك نيوتن قوياً ، فيجب الاعتراف بان هذه الصورة الخيالية تتراجع بالنسبة الى الأطروحة الديكارتية حول حفظ الحركة ، في حين يبدو التدخل الثابت للمبادئ الناشطة ، متجاهلاً لكل استقواء .

ومن الحق الاشادة بان نيوتن قد صحح هذا الحكم . وان هو زعم، مع ديكارت، ان العالم لم يكن ليخرج من الفوضى الاساسية، بفعل القوانين الطبيعية وحدها، الا انه يقول بان هذا العالم يمكن ان يستمر « طيلة اجيال » سنداً لهذه القوانين .

ولم يكن نيوتن ليجعل تنكر الديكارتين للصفات الخفية . ولهذا حرص على التأكيد بان

التجاذب، كما يفهمه، هو صفة ظاهرة : « يقول : لا ارى [المبادئ النشطة ، مثل مبدأ الجاذبية] كصفات خفية مفترضة ناتجة عن الشكل الذاتي للأشياء ، بل كقوانين عامة في الطبيعة ، وبها تتكون الأشياء : ان حقيقتها تبدو لنا عبر المظاهر ، وان لم تكشف بعد اسبابها . لان هذه المبادئ هي صفات ظاهرة ، ولكن اسبابها فقط هي الخفية . » (اويتشك ، كيري 31) .

كان نيوتن ، عندما كتب لبنتلي Bentley ، وهو اول انصاره الكهنوتيين ، يخشى ان يميل هذا الاخير الى اعتبار الجاذبية صفة بالمعنى المدرسي للكلمة .

« انك تتكلم عن الجاذبية وكأنها شيء اساسي وملازم للمادة . ارجوك لا تعز الى هذا المفهوم لاني لا ازعج اني اعرف سبب الجاذبية ، واني احتاج الى مزيد من الوقت لكي انظر فيه » .

استقبال نيوتن في القارة الاوروبية - كان العلم النيوتني يذهب للاقاة عالم ديكارتي غير مستعد ما امكن لاستقباله ، وفي اغلب الاحيان غير قادر على متابعتها . كان ذلك في الوقت الذي كان فيه فونتنييل Fontenelle ينشر بين الناس اعاصير ديكارت في اللطيف من « احاديث حول تعدد العوالم » . وكان الناقد في « جريدة العلماء » ، الذي كان يحلل « المبادئ » لنيوتن ، - مع الاشادة بكمال هذا الميكانيك - يعتبر هذا الميكانيك عارياً من اية قيمة فيزيائية ، باعتباره غير مشجع الشروط المطلوبة لفهم الكون .

والعيب الرئيسي في نظر الديكارتيين ان نيوتن ، حين احل الجاذبية محل فعل التماس البسيط ومحل الدفع ، فانه اعاد الاعتبار الى صفة من الصفات التي انكرها القرن .

حتى ان فكراً عظيماً فكّر هويجن فضل ترقية وتصحيح اعاصير ديكارت على القبول بالجاذبية وبالمطلقات النيوتنية .

واقنعت قراءة « المبادئ » هويجن ، وكان يشك بها كثيراً من قبل ، بصحة قوانين كبلر ، وببطلان الاعاصير كما يفهمها ديكارت . انما يجب ترقية العقيدة الميكانيكية . وكتب هويجن في مذكراته : « اعاصير حطمتها نيوتن . اعاصير حركة كروية مكانها . يجب تصحيح فكرة الاعاصير .

اعاصير ضرورية ، الارض تهرب من الشمس . ولكنها بعيدتان ، الواحدة عن الاخرى ، وليستا متلامستين ككرتي م . دي كارت » .

ذلك هو موضوع « خطاب حول سبب الجاذبية الارضية » الملحق « بكتاب النور » هويجن . في طبعة ليد (1690) . في هذه المذكرة ، يطور هويجن نموذج الميكانيكي حول الجاذبية الارضية ، ويسدو كانه يأسف لانه لم يعرف كيف يسبق نيوتن ، نتيجة تخلفه عن تعميم الجاذبية الارضية لتشمل القمر والشمس ، وهو امر كان ممكناً بفضل القوانين الكمية في « القوة المركزية » (Vis Centri fuga) .

اما ليبنيز ، فلكي يفسر على طريقته حركة الكواكب ، فقد ربط بان واحد دوران المائع ، والقوة

النازعة والجاذبية الكونية . وبين له هويجن الى اي حد يبدو له هذا المدخر خصياً ، لان قانون عكس المربع وحده ، مضافاً الى القدرة النازعة ، يعطي مدارات كبلر الاهليلجية .

VIII - ليبنيز

بدأ ليبنيز في الميكانيك ، بـ « تيوري موتيس ابستراكتي » (1671) *Theoria motus abstracti* ، وهي نظرية عقلانية خالصة مرتكزة على فكرة كوناتوس (Conatus) بمعنى هوبز Hobbes . وقد دافع ليبنيز عن هذه المغالطة بأن ال كوناتوس Conatus ، مهما كان ضعيفاً ، له خاصية الانتشار الى ما لا نهاية في المألان (عكس الفراغ) وانه يلتصق بكل حاجز جامد ، مهما كان كبيراً . هذه النظرية لا تثبت بأي شكل امام التجربة .

لقد كان هدف « تيوري موتوس كونكريتي » *Theoria motus concreti* او « فرضية الفيزياء الجديدة » حل التناقض بين الفيزياء المحددة والحركة المجردة . والاثير ، الذي يملأ كل الفضاء ، هو بأن واحد عامل الجاذبية وسبب الحركات في النظام الشمسي ونظام المرونة ، وهي خاصية كونية في الاجسام الحساسة .

في 1686 اطلق ليبنيز المصغوم الذي كان يُعد له منذ زمن بعيد ضد القانون الديكارتي حول حفظ الكميات من الحركة . والطاقة الحركية لا تقاس بحاصل ضرب « الجسم » بسرعه ، بل بالفعل الذي تحدثه هذه السرعة مثل الارتفاع الذي ترفع به جسماً ثقيلًا ، لا السرعة التي تدفعه بها . وبحسب قوانين غاليليه ، تكون « القوة » بالمعنى الذي قصده ليبنيز ، متناسبة مع مربع السرعة . هذه القوة التي يسميها ليبنيز « القوة الحية » (بالنسبة الى القوة الثابتة او القوة الميتة) تبقى محفوظة وحدها في الطبيعة ، كما اثبت ذلك هويجن .

وليبنيز ، حين كتب الى ارنولد Arnauld في 28 تشرين الثاني 1686 ، فتح النزاع حول « القوى الحية » الذي دام حوالي ثلاثين سنة وتغلذى بصورة اساسية بالامثلة المأخوذة من صدمة الاجسام .

كان الديكارتيون يزعمون ان مجموع كميات الحركة يُحفظ في الصدمة . وكان الليبنيزيون يرفضون ذلك وينادون بحفظ مجموع القوى الحية أثناء الصدمة . هذا النزاع ظل الى حد بعيد نزاعاً كلامياً ، لأن الفريقين كانا متفقين حول نفس قوانين الصدمة ، وكانت الاخطاء موزعة : فقد كان على الديكارتيين ان يوجها توجيهاً صائباً كميات الحركة ، وكان على الليبنيزيين ان يقتصروا حفظ القوى الحية على حالة الاجسام المرنة تماماً ، فقط .

وادخل ليبنيز ايضاً ، في الميكانيك ، وذلك بشكل اسمي خالص ، مفهوم الفعل المحرك ، وكان يريد احلاله محل كمية الحركة . ان هذا العمل يقاس ، في حالة حركة موحدة متسقة ، بواسطة الصيغة (mv^2/s) حصيله الجرم بالسرعة وبالمسافة المقطوعة . واعطى ليبنيز لهذا الفعل المحرك صفة مطلقة

وجعل من حفظه قانوناً طبيعياً . وقد مئز أيضاً بين المفعول الشكلي لهذا العمل ، وهو مجرد نقل او تحويل يمكن ان يعبر عنه بـ $(m s)$ وبالنشاط او الحركية (v) التي يتحدث بها هذا المفعول الشكلي⁽¹⁾

ولكن العنوان الاساسي عند لينيز في الميكانيك انه عرف ، فيما خص الحساب التفاضلي والتكاملي ، كيف يلقي لأول مرة جسراً بين الديناميك والستاتيك ، وذلك بجعله القوة الحية تنبع من عدد لا يحصى من التأثيرات المستمرة للقوة الميتة (او القوة الجامدة) . لقد بحث لينيز ووجد في هذا القانون الترضيات الميتافيزيكية التالية : ادخال « مطلق » هو القوة الحية (التي ليست والحق يقال ، الا متحركاً لا يتغير ملحوظاً) ، احتبرام مبدأ الاستمرارية ، واخيراً معادلة كاملة بين السبب الكامل والمفعول الكامل .

يندرج ميكانيك لينيز ضمن ميتافيزيك يعطى للحركة حقيقة كبيرة مرتبطة بالنشاط ويعفوية كل جوهر لا يحدث له شيء ان لم يكن نابعاً من ذاته ، وذلك بفضل الانسجام المسبق ، دوغا تصارح مع جواهر اخرى . ومحارب لينيز بأن واحد ، الفراغ ، بحجج ميتافيزيكية خالصة ولاهوتية ، ومحارب اللوات ، باسم مبدأ الاستمرارية . ومحارب الكل دون ان يقبل بالامتداد الديكارتي . اذ في نظر لينيز ، ليس الامتداد الا صفة بسيطة تعبر عن الحالة الراهنة ، التي لا يمكن ان تكون منبعاً لأي عمل ولا لأي تغيير ، في حين ان مفهوم الجوهر يجب ان يتضمن كل ماضيه وكل مستقبله . واخيراً يدافع لينيز ، في مواجهة المطلقات النيوتونية ، عن النسبية الخالصة في ظاهرات الحركة ، وبالتالي عن معادلة الفرضيات الفلكية .

حصيلة القرن السابع عشر - من العبث محاولة تلخيص فكرة معقدة كتعقيد فكرة مؤسسي الميكانيك . والرسالة الجماعية التي تركها لنا القرن السابع عشر ما تزال قيد البحث ، ونأمل ان تكون قد بيناها ، من بين ظروف صراع دائم في كل حين . ان مفكري القرن الكبار لم يكتفوا بمقاومة « المدرسة » فقد تحاربوا فيما بينهم بمرارة بل واكثر ، اما مباشرة واما بواسطة محازبيهم . ولم يكن ميكانيك القرن السابع عشر الا ميداناً علمياً يبحث عن مبادئه الذاتية ويسعى الى اكتشاف منهجيته ومبادئه الأولى . وكان من الضروري ان تحصل ولادته وسط منازعات ميتافيزيكية ولم يكن الفصل ممكناً الا بعد حين بين الفكر الميتافيزيكي ، والمجمل الاكثر تواضعاً للمقومات الضرورية والكافية لممارسة العلم الوضعي . لقد افترضنا مكاناً واسعاً للفكر الميتافيزيكي وكان هذا ضرورياً . واليوم يسود الميل الرامي الى تجاهل مسائل هي اساسية كما هي ابدية . وقد حاولنا ان نستخرج المسائل الشانية . وهي مصنوعة من الدقة المتصاعدة في المفاهيم وفي اللغة ، كما هي بحاجة الى وضع تحليل رياضي يستعمل ويستخدم بأن واحد تقدم الآلة الرياضية ، والتنسيق بين المسائل الخاصة التي طالما شغلت العلماء في هذا القرن ، وذلك ضمن نمط محدد من البنيات . وبواسطة اساليب مختلفة ، في نهاية القرن ، ومع هويجن ولينيز ونيوتن أمكن الاعتماد بتحقيق خطة فهم عال وعقلاني كان غاليليه يتوق اليه ، فيها خص علم الحركة . ولم يبق ، والحق يقال ، إلا التنظيم والتقييم .

(1) يرمز الحرف m إلى الجرم أو الكتلة ، الحرف v إلى السرعة والحرف s إلى المسافة .

الفصل الثالث :

العصر الذهبي لعلم الفلك القائم على الملاحظة

في مجال علم الفلك يعتبر القرن السابع عشر حقبة ذات تجديد عجيب . ومن الملاحظات التي جمعها نيكوبراهي Tycho Brahé وهو مفكر عميق وخيالي ، وكبير ، سوف تستخرج صياغةً قوانين ذات بساطة مذهشة ميزت العلم الحديث ولونته . ويان واحد استعمل غاليليه منظار التريب من اجل رصد السماء ؛ وفي الحال فتح عصر اكتشافات متنوعة وكلها اساسية ساهمت في اعداد التأليف والتركيب النيوتوني . ان العصر هو عصر الرصد : وبسط الة كانت تكشف يومئذ عن مظاهر غير متوقعة للكون .

وهكذا تأكدت التصورات الجريئة عند كوبرنيك Copernic واستكملت . اما البقايا المدرسية فسوف تزول بصورة تدريجية . وتم اكتشاف أشياء جديدة . ولم يعد الناظور آلة للتأمل فقط ؛ بل سوف يكون وسيلة قياس . واستفادت من هذا التقدم في مجال علم الفلك وتجهيزاته الأكثر كمالاً ، الجغرافيا والملاحة والجيوديزيا وكل الفيزياء . وأصبح توليف قوانين الكون ممكناً ، وسرعان ما تمكنت عبقرية نيوتن الرياضية من صياغتها . وظهرت أهمية هذا التجديد وعمقه في تفصيلات حياة علماء الفلك . وفي مطلع القرن لجأ كبلر الى المتاجرة في الرزنامات وايضاً الى التنبؤات الفلكية لكي يسد احتياجاته . وفي سنة 1675 منح شارل الثاني معاشاً لأول فلكي ملكي في انكلترا ، مع تكليفه بمهمة العمل من اجل تحديد دقيق لخطوط الطول خدعة للملاحة . وفي مرصد باريس الجديد ارتأى كولبر Colbert أن يقيم اكاديمية العلوم الجديدة . وبين يوم ويوم تكاثرت تفاعلات تقدم العلم وبطور المجتمع . وهناك مشهدان يستطيعان تقريباً تحديد مرحلة تاريخ علم الفلك ، سرف نصفهما : في سنة 1610 ، ومن اعلى جبل كومبانيل Campanile ، دُعي محافظ جنوا من قبل غاليليه لمراقبة توابع جوبيتر . وفي سنة 1671 زار الملك لويس الرابع عشر مرصد باريس . واصبح علم الفلك ، ومعه كل العلوم ظاهرات اساسية في تاريخ العالم .

I - ثورة مطلع القرن

خلفاء نيكوبراهي Tycho Brahé - توفي نيكوبراهي في فجر القرن السابع عشر (خريف 1601) .

ولكن عمله الضخم كراصد منهجي كان له تأثير عميق على الحقبة التي فتحت: والتوثيقات التي خلفها سوف تستعمل لمدة طويلة. وكانت تتضمن، بالقوة، استنتاجات كان لا بد من صياغتها بشكل واضح.

ونجح كبلر في ذلك، بشكل افضل ولا شك مما كان يقدر عليه تيكوبراهي. وعرف كبلر وغاليلي كيف يقدمان لنظام كوبرنيك البراهين التي لا تدحض والتي كانت تنقصه.

كبلر - جوهان كبلر Johannes Kepler، ولد في 27 كانون الاول 1571 في ولدرستاد، في مقاطعة ورتنبيرغ. ودرس علم الفلك في توينجن، بالقرب من الكوبرنيكي مستلين. ولما اصبح الرياضي الاميري، في ستيريا، سنة 1594، نشر بعد ذلك بقليل كتابه الأول (برودروموس Prodrumus)... (توينجن 1596) وإذا كانت مؤلفاته اللاحقة قد صنعت له مجده، فإن بعض مظاهر هذا المجد تستحق ان يشار إليها.

في الفصل الاول يُبرز كبلر الاسباب المختلفة التي دعت الى ترك نظام بطليموس. مثلاً، ان افلاك التدوير بالنسبة الى السيارات العليا، بحسب نظام بطليموس كانت ترى من الارض ضمن زاوية تساوي تماماً الزاوية التي يرى من خلالها مدار الارض (كما كان كوبرنيك يتصوره) انطلاقاً من كل من هذه السيارات. وهذا لا يمكن ان يكون من فعل المصادفة العفوية. اما فلك تدوير المشتري فيبدو اصغر من فلك المريخ، وفلك زحل يبدو اصغر ايضاً في حين ان الموصلات تبدو في ترتيب معاكس من حيث الضخامة. وهذا امر لم يجد له تفسيراً في نظام بطليموس. وكذلك الامر بالنسبة الى كون مدة السيارات الدنيا على موصلها تساوي مع مدة الشمس، وكذلك الحال فيما يخص واقعة ان الشمس والقمر لا يتراجعان على الاطلاق. وبالعكس تصبح كل هذه الظواهر اكيدة ان اتبع نظام كوبرنيك Copernic. وحتى عندما يقترب كبلر في علاقاته من تيكوفانه يبقى كوبرنيكياً مقتنعاً. وفي هذا تكمن فكرته الرئيسية المتجلية في كل عمله.

ومن برودروموس Prodrumus يمكن ان نحفظ تصوراً عبقرياً يدل، وان كان غير صحيح، على الذوق وعلى الاستعدادات الجيدة عند كبلر. وقد اهتم هذا الاخير في اتمام عمل كوبرنيك حول المسافات النسبية للكواكب، فتصوراته بين الكرات الست ذات المركز الواحد، والتي وضع عليها كوبرنيك مدارات السيارات الست، تدخل متعددات السطوح المنتظمة ذات الاشكال الخمسة الممكنة. وكل متعدد يدخل ضمن كرة، فيعتبر محيطاً بالكرة الادنى. وهكذا يدخل المكعب ضمن كرة زحل، ومحيط بكرة المشتري. وبعدها يأتي الجسم المربع الوجوه، وكرة الارض وذو العشرين وجهاً، وكرة الزهرة والثمانية وأخيراً كرة عطارد.

وظل كبلر لمدة طويلة متعلقاً بهذه الفكرة الغربية التي تستمد فقط قوتها من مصادفة عارضة، هي وجود خمس مسافات وكذلك وجود خمس متعددات الوجوه المنتظمة. وفي الطبعة الثانية من كتاب برودروموس Prodrumus، سنة 1621، اي بعد اعلان القانون الثالث، عاد الى عرضه الاول بعد ان

صحيحه فقط بعدة ملاحظات. ويمكن هنا أن نرى فكرة أخرى توجه بحوثه اللاحقة ونوعاً من الاعداد الغامض للقانون الثالث، هذا البرهان القاطع على مهارته كحاسب.

ولكن كبلر صاغ اكتشافه الاول، في برودروموس : هذا الاكتشاف هو خطط مدارات السيارات، مدارات متجاوزة وغير متداخلة ، تمر بالشمس. ونظراً لعدم وجود جداول واضحة بما فيه الكفاية، ونظراً أيضاً لعدم التحرر الكافي من تصورات بطليموس، مرور كوبرنيك خطط المدارات بمركز مدار الأرض؛ فتج عن ذلك تغييرات لا يمكن تفسيرها تتعلق بانحرافات السيارات الدنيا. هذا الخروج يزول ان مرت خطط المدارات بالشمس التي احس كبلر بدورها في حركات الكواكب (وكانت الفترات الاقصر بالنسبة الى السيارات الدنيا قد دلت على ان الشمس لها تأثير أكبر في المسافة القصيرة) .

والانحراف الثابت في خطط المدارات في فلك الابراج كان نتيجة أخرى مباشرة، لما تقدم. وقد اشار كبلر الى هذا في برودروموس: وهذا كان كافياً لابرار أهمية هذا الكتاب الصادر عن عالم عمره 25 سنة.

وسبب مرسوم صدر ضد البروتستانت اضطر كبلر الى ترك غراز Graz، وفنش عن ملاذ في براغ، قرب تيكوبراهي الذي اصبح منجم الامبراطور رودولف الثاني، وذلك في شباط سنة 1600، ومات تيكو بعد قليل من لقاءها اي قبل ان يتسبب التعارض في افكارهما حول نظام كوبرنيك، في سوء العلاقة بينهما ولكن، وهذا مكسب افاد منه العلم كثيراً، استطاع كبلر ان يتصرف على هواه بالبحوث العظيمة التي وثقها تيكو، بحيث استطاع أن يتابع حلمه في هدمه العالم : البحث عن علاقات قائمة بين اشعة المدارات النجمية، وبين الاجرام الخارجة من مراكزها، والحقب، (وبالتالي السرعات). ومن جهة أخرى ورث كبلر وظيفة الرياضي في خدمة الامبراطور. واذا كان عليه من جراء هذا ان يقدم للبلاط التوقعات النجمية، فلم يظهر عليه انه كان يكره هذا الامر او ان بحوثه قد تأثرت به.

وفي سنة 1604 نشر كتابه عن البصريات: «أد. فيتيليونيم AD. Vitellionem» وفيه عرف شعاع الضوء، وشرح انعكاس النور وبين ان الانكسار الفضائي يحرف الضوء من كل الكواكب بدون تمييز وهذا حتى السميت.

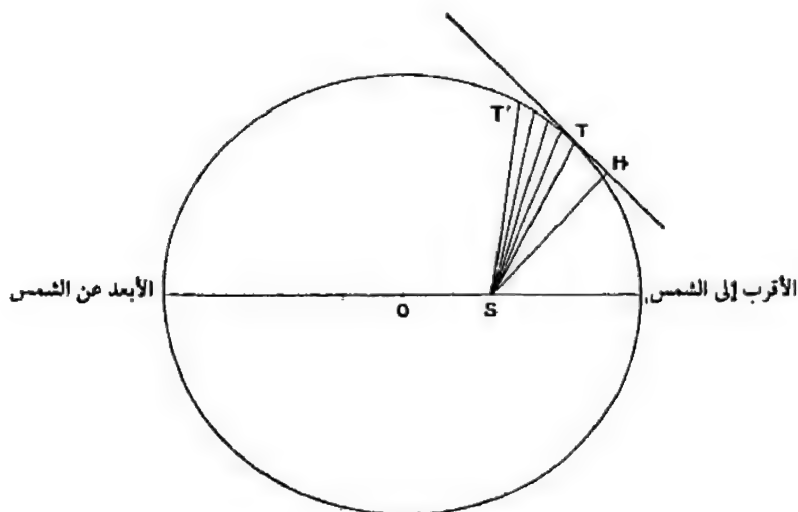
وبذات الوقت، تابع كبلر بحوثه الاساسية التي تستحق رسم مختصرها على الاقل. وعاد الى اعمال تيكوبراهي حول المريخ، فتحقق من فارق مقداره 8' بين المراكز المرصودة والمراكز المحسوبة على اساس المنحرفات عن مراكزها وأفلاك التدوير [دائرة مركزها في محيط دائرة كبيرة]. والخطأ لم يكن ليعزى الى تيكو الذي اعترف كبلر له بالمواهب كمراقب، فعمد الى مراجعة المدار الارضي على اساس ملاحظات تيكو. وقارن كبلر الملاحظات حول المريخ التي جرت بينها 687 يوماً من المسافة. ذلك ان 687 يوماً هي مدة دوران المريخ حول الشمس، والشعاع شمس - مريخ هو اساس ثابت يمكن بالنسبة اليه يمكن تحديد المواقع المتتالية للأرض. وبالامكان تكرار العملية بواسطة سلسلة أخرى من العمليات

المحققة دائماً وبينها 687 يوماً. وهكذا امكن تقرير النتيجة الاولى التي استخدمت كاساس لوضع القوانين الكبرى: ان مدار الارض دائري (تقرب مرض جداً، كما هو معروف، نظراً لان الشمس واقعة على مسافة من المركز تساوي $R_{0,018}$. حيث R تدل على شعاع المدار. ان قيمة الخروج عن المركز المعتمدة من كل سابقي كبلر كانت اكبر بمرتين) .

وتصور كبلر ان الفعل المحرك الذي تحدثه الشمس على الارض يجري بشكل تماس مع المسار (فقد كان يجهل مبدأ الجمود) وهذه القوة، كما يقول تتناسب عكسياً مع المسافة (ST) ارض شمس، وكذلك حال سرعة السيارة في مدارها.

من المعلوم ان هذا غير صحيح: ان السرعة تتناسب مع مسافة الشمس الى تماس المدار (SH)، في الصورة 23). في هذه الائناء دقق كبلر في فرضيته في الحالات الخاصة فقط لانتقال الارض بين النقطة الاقرب من الشمس [اقرب نقطة من فلك سيار او مذنب الى الشمس] مرة وإلى الاوج اي الابدع عن الشمس. وها هو الآن مقتنع .

ولحسن الحظ، عوض هذا الخطأ بخطأ آخر: بالنسبة الى قوس صغير جداً في المدار، ان الوقت الذي تضعه الارض لتجتاز هذا القوس يتناسب مع طول شعاع السهم ST، من اجل حساب مدة اجتياز القوس المحددة.



صورة 23 - تبين قانون المساحات من قبل كبلر

وظن انه يتصرف نحو الأفضل، فاحل محل كل الاشعة - الاسهم الوسيطة بين S و T ، ويقول آخر محل مجموع الاطوال، مساحة القطاع 'TST'. غلطة ارادتها العناية اذ بها تم، فينما خص

حركة الأرض ، اكتشاف نسبية الزمن والمساحة التي يكتسبها الشعاع - السهم : وقد أثبتت الملاحظات ذلك . وعندما راجع كبلر مدار المريخ ، فقد طبق عليه ، في الحال ، نفس قانون المساحات ، القانون المعتبر دائماً وكأنه القانون الثاني عند كبلر ، وإن جاء في المقام الأول من حيث الترتيب التاريخي في اكتشافاته .

وعلى أساس المدار الأرضي المكتشف ، استعاد كبلر رصد مارس فعندما يكون هذا السيار في أدنى منازل أو في ستمته (أعلى منازل) ، تتوافق الحركة الدائرية المستقيمة بموجب النظرية ، مع القياسات . وبالعكس عندما يحتل المريخ في مدارها مراكز تريغية بالنسبة إلى سابقاتها ، فإن الفارق يكون ضخماً ، وانتهى كبلر إلى التخلي عن فرضية الحركة الدائرية . إن الأهلج . هو الشكل البيضي الذي يتوافق تماماً مع تنبؤات قانون المساحات ، باعتبار أن الشمس تحتل أحد مراكز المخروط .

ويمكن أن نلاحظ عرضاً أن الفرضيات التبسيطية التي قال بها كبلر تجد مبررها في حالة المعارف السائدة في ذلك الحين : من جهة هناك ملاحظات تيكو ، التي مهما كانت فائدتها ، فإنها قلما تجاوزت درجة الدقة في الزاوية ؛ ظرف مساعد لأن أخطاء القياس كانت تخفى بالتالي شذوذات المسار التي تسبب بها الاختلالات . ومن جهة أخرى كان كبلر - وهو الرياضي الجيد ، الذي لم يكن قد استبق زمانه بخمسين سنة ليقارن المتناهيات الصغر - يعرف جيداً أعمال الأقدمين حول المخروطات . حتى أن انشتين قال بشأنه :

« تدل أعمال كبلر أن المعرفة لا يمكن أن تنبثق عن التجربة وحدها : بل يتوجب معها المقارنة بين ما تصوره العقل وما لاحظته وراقبه » (كيف أرى العالم : ترجمة فرنسية ، 1934 ، ص 180) .

إلى هذه الظروف التاريخية يضاف أيضاً الفارق بين خروج مدار الأرض عن محوره ، ولو ضعيفاً ، وخروج مدار المريخ ، الأعنف والأقوى نسبياً . وبعد 1605 أصبح كبلر يمتلك قانون الحركة الأهلجية . ونشرت الصيغ النهائية للقانونين الأولين بعد أربع سنوات في « اميترونوميا نوبا . . » (اب 1609) .

وبعد ذلك بكثير ، في 15 أيار 1618 ، أعلن كبلر عن القانون الثالث : نسبة مربع فترات السيارات مع مكعبات متوسطات بعدها عن الشمس . وهكذا تحقق ميل كبلر إلى « تناسق العالم » وهو الميل الذي برز سابقاً في « برودروموس » . ولكن بذات الوقت استكمل عمل كوبرنيك ، وتحرر من المفاهيم القديمة . وربما كان في ذهن كبلر خليط ، ربما كان أحياناً مشوشاً ، من الأفكار العميقة ، ومن الأفكار الأقل ثباتاً . ولكن أهمية عمله ، تقاس إلى حد ما ، عندما نعرف أي دور لعبته القوانين الثلاثة في تكوين التوليف النيوتني .

إن نشاط كبلر لم يقتصر مع ذلك على هذه البحوث ذات الصفة الرياضية الغالبة . فقد بقي حتى وفاته ، رغم المصاعب التي لقيها في حياته ، مراقباً وملاحظاً . وعند اتصاله بغاليليه ، درس المذنبات سنة 1618 ، معترفاً بطبيعتها السماوية (وكان البعض يرى فيها ظاهرة جوية ، كما درس البقع في

الشمس. وفي اول Uim، حيث اضطر الى الالتجاء، نشر سنة 1627، « طابولا رودولفينا » Tabulae Rudolphinae، اعترافاً بفضل راعيه رودولف 2. وتضمنت هذه الجداول التفصيلية لوائح بالوقائع عن الكواكب السيارة، محسوبة على اساس القوانين الثلاثة. وقد « اهديت » الى جون نايبه John Napier، لان استخدام اللوغاريثم سهل حسابها الى حد كبير. وبفضل هذه الجداول استطاع كبلر ان يتنبأ باحداثيات الكواكب السيارة : فمنذ 1629، اعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في 7 تشرين الثاني سنة 1631، ومرور الزهرة في 4 كانون الاول 1639 و6 حزيران 1761.

وظلت هذه الجداول طيلة قرن المعتمد الاساسي لكل علماء الفلك .

غاليليه - ولد في بيزا سنة 1564. علم أولاً في جامعة بيزا ثم في جامعة بادو. ومنذ 1597 اصبح من اتباع نظام كوبرنيك - في فكره على الاقل ان لم يكن في كتاباته او تعليمه. ولكن شهرته كفلكي - اذ ظلي يعتبر حتى ذلك الحين كرياضي - يعود تاريخها الى ارضاده حول (نوبا) سنة 1604، ارضاد صدرت في مجموعة « اوفيكوس ». واستحالة قياس زاوية الاختلاف (Parallaxe) هذا النجم الجديد تدل، بحسب رأيه، على أنه نجم بعيد. وفي الحال ادخل غاليليه أفكاره في تعليمه، وكانت فرصة أولى للمجادلات : اذا كانت «نوبا» ظاهرة سماوية، فان رأي ارسطو حول ازالة - ثبوتية السماء يكون خاطئاً. وليس لغاليليه ان يفاجأ، منذ ذلك الحين، بان يلقي طيلة حياته خصوصاً سوف يصبحون اعداء العالم الحديث .

وفي حزيران 1609 علم غاليليه ان منظراً للتقريب قديم، منذ عدة اشهر سابقة الى الامير موريس دي ناسو Maurice de Nassau. وشرع، في الحال، في بناء واحد واستعمله ليرصد السماء. وكان انفعاله امام عجائب الطبيعة المتكشفة امامه محسوساً في رسائله. اما اهمية اكتشافاته، فقد برزت بحق من خلال شهرة الكتاب الذي تضمنها : « سيدروس نوتسيوس : Sidereus nuneius magna (البندقية اذار 1610) » .

وصف في بادئ الامر جبال القمر التي كانت ذراها المضيئة تظهر وراء المنتهى [الخط الفاصل بين الوجه المضيء والوجه المظلم]، وبمقارنة اشعة الارض والقمر، استنتج ان جبال القمر اعلى اربع مرات من جبال الارض.

وعند دراسة الضوء المنعكس عن القمر والضوء المنعكس من النور الرمادي، عثر على الاثبات بان الارض تلمع مثل باقي الكواكب .

ودسم، على صفحة من الكتاب، كل الكواكب غير المعروفة والتي اكتشفها في مجموعة (Constellation) اوريون Orion (في البويريه، ذكر، بدلاً من 9 نجوم مرفقة بالعين المجردة - ثمانين نجماً)، ثم في الثريا (Pléades) (حيث اكتشف ستاً وثلاثين نجمة متراكمة) . وبدا له درب المجرة، علم، حقيقته، مجموعاً متراصاً من النجوم، لا سديماً (nébulosité) يعكس بهاء الشمس او القمر، ولا نيزكاً كما يؤكد ارسطو .

. . . وأخيراً، وبصورة خاصة يعلن « سيدروس نونسيوس » اكتشاف توابع المشتري . وكان أول اكتشاف له يعود إلى 7 كانون الثاني 1610 . وخلال رصدٍ للمشتري ، شاهد غاليليه ثلاثة نجوم جديدة بقرب الكواكب ، مصفوفة بحسب اتجاه مداره (دائرة دوران المشتري في فلكه) . وقد يظن انها كواكب ثابتة ينسحب امامها جوبيتر . ولكن ، في اليوم التالي ، عثر على الرفاق الثلاثة بقرب من جوبيتر انما بوضع آخر (الكتاب يذكر ، بشكل بسيط وإيجائي هذه المظاهر المتنوعة) . وفي 11 كانون الثاني لم يشاهد الا كوكبين ، ولكنه في 14 منه شاهد أربعة . وحصلت لديه القناعة ، انها ليست نجوماً ثابتة ، انها كواكب تائهة ، تدور حول جوبيتر . انها توابع له . وبسبب صعوبات التحديد ، لم يستطع تحديد اوقاتها ، الا بالنسبة الى التابع الرابع الذي بدأ منفصلاً بوضوح عن الآخرين . الا ان هذا يقلل من اهمية الاكتشاف . واعترض اعداء كوبرنيك : ماذا كانت كل الكواكب تدور في مداراتها حول الشمس ، فلا نفهم لماذا يشد القمر ويدور حول الارض . ان وجود توابع لجوبيتر يحطم هذا الاعتراض .

نفهم اذا كيف ان غاليليه أراد ، وبسرعة ، اشهار هذه الاكتشافات ، التي تقدم ، بدون حسابات معقدة يصعب على غير المتخصصين فهمها ، براهين لا تلجأ لتدحض تدعيماً لنظام كوبرنيك .

وكان لا بد من وجود معارضين . وان قل عددهم في بادو حيث كان التأثير الشخصي للمعلم قوياً ، بالنسبة الى بقية ايطاليا . واتخذ تشويش الصور الحاصلة بواسطة هذه المناظير الاولى ، ذريعة وذهب البعض الى حد القول ان الكواكب المكتشفة ليست الا صوراً وهمية خلقتها الآلة بالذات . وفوق ذلك ، بدا من غير المعقول التأكيد على وجود نجوم جهلها بطليموس وأرسطو من قبل ، بحجة انه بالامكان رؤيتها . . .

عندما تلقى كبلر « سيدروس نونسيوس » لم يكن بين يديه بعد آلة رصد تشبه تلك التي بناها غاليليه . ولكنه فهم في الحال الكشوفات الغاليلية واهميتها بالنسبة الى علم الفلك الجديد والى دعم مفاهيم كوبرنيك بصورة خاصة . وابتدى رأيه في رسالة مفصلة ارسلها الى غاليلي في ايار 1610 ونشرها في الحال تحت عنوان :

« ديسرتاسيو كوم . . . » Dissertatio Cum... . وبعد ذلك بقليل تلقى ناظوراً ارسله غاليلي ، نقله اليه امير كولونيا المنتخب .

وعندها حرر ملاحظاته الخاصة في « ناراسيو . . » Narratio... حيث اكّد منذ 10 ايلول 1610 صحة اكتشافات غاليليه بدون غموض .

وقبل اتمام النظر في سلسلة الاكتشافات الكبرى الفلكية ، التي تعود للقرن 17 ، ربما يكون من المفيد الاشارة الى اهمية سنة 1610 . فتحق هذا التاريخ ، غطت اولوية الاعتبارات النظرية ، سمة أساسية في علم الفلك ، هو كونه علم ملاحظة ورصد . ان ناظور غاليليه المتواضع هو رمز العلم الجديد . والآلة مهما كانت متقدمة ، لا تغطي حقاً ، ان تولاهما الجهال او ناقصو البراعة ، الا نتائج مشكوكة . ولكن اذا عرف الراصد امكانات وحدود استخدام اجهزته ، واذا لم تكرهه ضرورات الرصد

على إهمال تثقيف نفسه بثقافة علمية واسعة، وخاصة ثقافة رياضية، فاي خضم من العمل واسع يفتح إذا أمامه. ان نوعاً من الحوار في التفكير النظري وفي الكمال التقني سوف يتأكد، بعد ذلك، وكأنه الصفة الغالبة في تطور علم الفلك. ان الاكتشافات الرصدية، حتى تلك التي بدت وكأنها وليدة الصدفة، سوف تغذي البحث النظري، وتمنعه من الضياع بعيداً عن الواقع. وسوف تقضي الحاجة الى التحقق من النظرية بوجود استكمال المعدات التي سوف تساعد على اكتشافات جديدة. وقد ذكر ذلك باي Baillly بشأن قوانين كبلر :

« ان واجب الناس هو درس الطبيعة من خلال الاحداث المنفصلة. وعندما تتحصل لهم الرؤى بما فيه الكفاية، يعتكفون. ان الاحداث تتجمع في رؤوسهم، بدون تسلسل او ترابط، ولكن السلسلة موجودة، ومن الممكن اكتشافها. يأخذ العباقرة القلم، ويرسمون خطة : الى هذا توصل كبلر. وبعد يكفي تطبيق الخطة المرسومة من قبل الخيال وفقاً للنموذج الاكبر الذي هو الطبيعة. وبعدها تجب العودة الى الملاحظة. والعطاء الاكثر حظاً، من السماء، الاختراع، موجود بين الاحداث التي عليها تتأسس الانظمة، والاحداث هي التي تثبتها » (تاريخ علم الفلك القديم) (1779).

ان هذه الافكار تبدو لنا مألوفة اليوم. ولكن يجب ان ندرك اية ثورة كانت تحدثها في الفكر العلمي في مطلع القرن السابع عشر هذا.

غنى العمل الفلكي عند غاليليه - بدت حياة غاليليه بين 1610 و1619 خصبة بشكل خاص في علم الفلك. فقد استمر يدرس السيارات. وبعد نيسان 1611، أي بعد مضي سنة على اكتشاف هذه السيارات اصبح بإمكانه ان يميز بينها. وقد مكنه هذا من تتبع الحركة، وان يحدد بشكل تقريبي على الاقل، زمن كل نجمة تابعة (وهي عملية دقيقة كان كبلر نفسه يعتقد باستحالتها). نشر ان غاليليه لم يكن يسترشد، في هذا البحث، بقانوني كبلر الاولين (لانه لم يؤمن بها ابداً). ان هذا الفلكي الراصد لم يكن يؤمن الا بارصاده الخاصة. وربما كان هناك ايضاً بعض الاشتباه Prévention عند غاليليه ضد « أسترونوميا نوفا » حيث أثقل كبلر نصه بتجاوزات عشوائية.

ان ازمة التوابع الاربعة، صغيرة، اقل من يومين بالنسبة الى الاقرب وما يقارب 17 يوماً بالنسبة الى الابدع عن النجمة المتبوعة. ووضع غاليليه الجداول الاولى حول حركاتها الوسطى بأمل استخدامها في التنبؤ بوضع للنظام في تاريخ معين وبالتالي التنبؤ بكسوفات التوابع. ولكن التحديد الصحيح لهذه الجداول، وقد ادرك غاليليه ذلك، كان يقتضي الرصد طيلة زمن يعادل الزمن اليومي (السيدرالي) للمشتري حتى تمكن مقارنة الاتصالات الحادثة عندما يكون الكوكب قد عاد الى نفس الوضع ضمن مداره. وتسلسلت ارساد غاليليه بين 1610 و1619 فغطت بالتالي فترة لم تكن كافية لاكمال المهمة على احسن وجه. وكان هناك صعوبة اخرى كمنعت في عجز المنظار عن تحديد المسافات : كان غاليليه يربط مسطرة مدرجة فوق انبوب المنظار ويرصدها بعين الشمال في حين كانت العين اليمنى فوق جهاز الرصد (او كولور). ذلك كان حال مقياس الجزئيات ميكرومتر الوحيد الممكن التحقيق بواسطة جهاز الرصد المتعرج. ومع ذلك، وانطلاقاً من معطيات جمعت ضمن هذه الشروط حدد غاليليه عناصر:

مدارات التوابع، قاصراً الرصدات على مركز الشمس حتى يتخلص من كل الشذوذات التي تعزى الى الحركة النسبية في الارض في علاقتها مع المشتري .

وكان غاليليه: بطمح في هذا المجال، الى الوصول الى وسيلة تمكنه من تحديد الاطوال بسهولة ان المظهر او الشكل المعين للتوابع قد يكون اشارة قد ترصد من مكانين مختلفين على الارض . وقدم امير هولندا مكافأة مقدارها 25000 فلورين للذي يقدم اسلوباً من شأنه ان يخدم الملاحه . وقام استاذ في جامعة بيزا ، الاب ريناري Renieri ، بشجعه غاليليه، بمتابعة حل هذه المسألة ، ولكنه لم يستطع اكملها قبل وفاته . وكان لا بد من انتظار سنة 1668 حتى تظهر جداول ج. د. كاسيني J.D.Cassini، تحت عنوان : القووعات « افيمريد . . . » . وهي مدينة بصورة واسعة لاعمال هؤلاء الرواد .

لنتح هنا هامشاً : بعد 1611 ، قام بيرسك Peiresc ، وهو مستشار في برلمان بروفنسا ، كان لعشر سنوات خلعت ، تلميذاً لغاليليه في بادو ، يشكل مجموعة متخمسة من القراء اليروفنسيين لكتاب « سيدروس . . . » Sidereus . وبذات الوقت مع معلمه الشهير ، ولكن بصورة منفصلة تماماً عنه ، خطرت له فكرة تحديد الاطوال عن طريق قياس الاوضاع المتتالية للتوابع (المصدرة لأول مرة في اكنس من قبل جوزف غوتي Joseph Gaultier ، في 24 نوفمبر سنة 1610 . وبعد مراقبتها في اليوم التالي ، اكتشف بيرسك السديمية (Nébuleuse) أوربون . واذا كانت اعمال بيرسك لم تذهب الى الابعاد التي ذهبت اليها اعمال غاليليه ، الا انه خطرت له الفكرة الطيبة بارسال مساعده لومبار Lombard الى مالطه ، ثم الى سوريا لتطبيق المنهج عملياً . وكانت النتائج غيبه للآمال . ولكن بيرسك لم يترك الموضوع ، ونظم بنجاح شبكة رصد لكسوف القمر في 28 آب 1635 ، الامر الذي اتاح تصحيح خرائط المتوسط الشرقي بما يعادل 1000 كلم زائد .

ونعود الى غاليليه الذي لحظ بدقة وصحة كل ما يتطلبه حل مرض المسألة خطوط الطول ، فضلاً عن جداول حركات التوابع اكثر دقة من جداوله (مع الافتراض بان هذا الاسلوب بقي محفوظاً) : زيادة دقة القياسات بواسطة المنظار ، ثم ايجاد وسيلة للحصول على مثل هذه الملاحظات والرصدات عن سطح سفينة ثم حسن الاحتفاظ بالوقت . وخلال القرن تم جمع الاختراعات بعضها الى بعض : الميكرومتر والسديمية والساعة ذات الميزان او الارجوحة ثم الزنبرك الحلزوني .

ولم تكن اهمية ملاحظة توابع المشتري غاليلي عن استكشاف السماء بوجه شامل . ولكن زحل كان يجيء له فشلاً لا يتتسى . فكتب يقول : « لقد رصدت اعلى كوكب سيار فوجدته مثلاً » وذلك في جناس تصحيقي ، غامض ، ثم بعد ذلك عاد فرآه واحداً . لقد كان منظاره اعجز من ان يريه المظهر الفضليل للحلقات التي ، اذا نظرت من انحرافات متعددة ، اتخذت اشكالاً متنوعة .

في حين استطاع غاليلي ان يرصد بكفاءة مراحل الزهرة ، وهذا تتيبت جديد لنظام كوبرنيك وبهذا الشأن كتب غاليليه الى احد اصدقائه الاب بنديتو كاستالي P. Benedetto Castelli « حسن ان تفيد ارضادي في نتائج جيدة ! ولكنك تضحكني ان اعتقدت انها سوف تبعد كل الغيوم . وسوف توقف

كل نقاش. ان الاثبات قد وصل منذ زمن بعيد الى الحقيقة الاكيدة الاخيرة. واهصامنا سوف يقتنعون ان استطاعوا ذلك. ولكنهم هم يريدون مغالطة انفسهم. . .

واتاحت التفضيلات الرصدية عن القمر لغاليليه ان يفهم ان تابعنا (القمر) يُوجه دائماً نفس « النصف » نحو ارضنا، ولكن مع وجود بعض الميل أو الانحراف وهذا ما نسميه نحن التمايل وقام هفليوس Hevelius وكاسيني Cassini بتعميق دراسة الظاهرة. وأرتكب غاليلي خطأ الاعتقاد انه اقتصر على مفعول التغير الظاهري (Parallaxe) الناتج عن تنقل الراصد بالنسبة الى مركز الأرض .

وبعد 1610 ثم في سنة 1612، رصد غاليليه بقع الشمس. وربما تعود اسبقية هذا الرصد بالمنظار الى جوهان فابريسيوس Johann Fabricius (نشرة صدرت في وبتنبرخ سنة 1611). ونازع الاب كريستوف شاپير P.Christoph Scheiner، وهو يسوعي كان يعلم الرياضيات في أنغولستاد، وتعود ارضاده الى آذار سنة 1611، نازع غاليليه اكتشافه (وشرح شاپير Scheiner أيضاً التشويه الذي يصيب الشمس عند مغيها . ومهما يكن من امر، فان رسالة مؤرخة في سنة 1612 تزيل الشكوك حول تفسير غاليلي لاكتشاف الظاهرة :

« استنتج ان هذه الجددات هي بمثابة المآثم او النهاية او القيامة الاخيرة للفلسفة المزورة. لقد ظهرت علامات وإشارات في القمر والشمس. واتوقع ان اسمع حول هذا الموضوع اشياء كبيرة اعلنها المشاؤون عن جمود وأبدية السماء. ولا اعرف كيف يمكن انقاذ هذا الجمود. وهذه الابدية » (كتاب الى ف. سيسي 12 ايار 1612). وقد عرفنا ان هذا الجمود لم ينفذ ولم يسلم .

نهاية المناهضين لكوبرنيك - اذا كانت اكتشافات غاليليه، وقد جاءت بعد قانوني كبلر، قد قدمت براهين حاسمة لصالح الافكار الكوبرنيكية، فان المناهضات النهائية لم تكن الا لتزداد حدة، كما هو طبيعي تماماً. في سنة 1616، اعلن « المكتب المقدس » كذب وكفر الرأي الذي يجعل الشمس في مركز الكون. وبعد ذلك بقليل، وجواباً على معارضين، نشر غاليليه « الساجياتور » Saggiatore (1623)، تحفة من روائع المناظرة. وكان الالم في نظرنا نشر كتابه « حوار = ديالوغو » (1632): إذ يلخص غاليليه فيه فلسفته، في معارضة فلسفة ارسطو. ودون ان يهتم بتعقيد حركات السيارات (استمر يتجاهل اهمية اعمال كبلر) عرض افكاره حول نظام العالم، وبدا ميكانيكه وكأنه التهمة الضرورية للنظام الكوبرنيكي. انه يحضر التوليف النيوتني، انما دون ان يخطر بباله ان حركة السيارات وحركة القذائف قد توصف ضمن نفس القانون.

وعرف « ديالوغو » وهو كتاب في مستوى فهم الجماهير، نجاحاً كبيراً جذب انتباه « محكمة التفتيش ». في حين ان كتب كبلر، الاكثر صعوبة على الفهم وعلى القراءة، لم تعرف نفس النجاح والشهرة. وعلى كل حال في 22 حزيران 1632، وبعد محاكمة دامت عشرين يوماً حكمت محكمة مؤلفة من سبعة كرادلة بما يلي :

« القول ان الشمس، وهي الثابت الذي لا يتحرك موضعياً، تحتل مركز العالم، هو قول باطل،

وكاذب فلسفياً وهو هرطقة لانه يخالف شهادة الكتابات المقدسة . وانه ايضاً باطل وكاذب في الفلسفة القول بان الارض ليست ثابتة في مركز العالم . وهذا القول يعتبر من الناحية التيولوجية ضللاً على الاقل بالنسبة الى الايمان .

وبعد ذلك اضطر غاليلي الى توقيع صيغة الاعترار بالكفر قبل ان يستمع الى الحكم عليه بالاعتقال داخل منزله في ارستري . ومات فيه ، بعد ان اصبح اعمى في 8 كانون الثاني 1642 .

وتفحص هذه المحاكمة بتفصيلاتها، ودوافعها ومفاعيلها يخرج عن نطاق موضوعنا . ولكن السكوت عنها يعني تغطية مظهر من مظاهر التقدم في علم الفلك في القرن 17 . وانه من مقتضى طبيعة الاكتشاف ان ندخل على المفاهيم التي عمل الزمن على اشاعتها بين الناس ، تصحيحات تختلف درجة عمقها . اليس من المحتوم المؤكد ان يلاقي المفكرون الجريثون والقادرون على تصور تركيب جديد مبتكر، معارضة من اولئك الذين لا توجد لديهم نفس القدرات الخلاقة ؟ هذه الملاحظة لا تهدف ابداً الى التقليل من خطورة الخطأ والظلم التي ذهب ضحيتها غاليلي . ولكن الانساب اصبحت اليوم مفهومة بصورة افضل عندما يوضع الحدث ضمن اطاره الزمني .

وظل المعارضون لكوبرنيك يظهرون لمدة طويلة ، متأخرين . فقد ظهر كتاب استرونوميا دانيكا *Astronomia danica* ، مؤلفه لونغومونتانوس Longomontanus ، وهو تلميذ قديم لتيكو ومدافع عن نظامه ، في سنة 1640 ، ومن بين الكوبرنيكيين انفسهم لم يعتمد بعضهم قوانين كبلر : فقد نشر فيليب لانس بيرج Philip lans berge ، جداول كواكبه عموية على اساس نظرية الايبسيكل واحل اسماعيل بوليو Ismael Boulliau ، في كتابه استرونوميا فيلوليكا (باريس 1645) محل القانون الثاني ، بناء معتقداً كان الهدف منه العودة الى حركة متناسقة متجانسة .

الا ان هذه كانت المظاهر الاخيرة من مظاهر الافكار القديمة . وكان على الكوبرنيكيين مهمة الاستمرار في عمل كبلر وغاليلي بإضافة اكتشافات جديدة اليه .

II - ازدهار علم الفلك الرصدي

الهوة - بعد ان عرفت اكتشافات غاليلي ، وكان النشر السريع لكتاب سيديروس نوميوس ، عاملاً حاسماً في التقدم ، استحصل العديد من الهواة على مناظير واخذوا يتمرنون على الرصد . وكان هناك الكثير من المظاهر او الاشياء الجديدة التي يمكن الوصول اليها والتي تشكل سلسلة فخمة من المكتشفات المتنوعة . واية لائحة هؤلاء المكتشفين الهواة سوف تكون غير كاملة حتماً . نشير فقط الى الاكتشافات الاكثر اهمية .

نبدأ بتوبوغرافيا القمر او مسحه . قام بيرسك Peiresc ، بعاونه غاسندي Gassendi بوضع اول خريطة للقمر ، ورسمها له كلود ميلان Claude Mellan سنة 1636 . وبعدها جاءت خارطات

لنغرينوس Langrenus في اسبانيا سنة 1645، وهفليوس Hevelius في داننغ 1647؛ الذي اكتشف بعد عشر سنين التمايل الطولي واخيراً جاء ريكيولي Riccioli وغريمالدي Grimaldi في ايطاليا سنة 1650. وإلى هؤلاء الاخيرين ندين نحن بالمواقعية الجبلية التفصيلية. وهكذا مهدت الطريق اسام عمل جون دومينيك كاسيني Jean Dominique Cassini، الذي كانت خارطته قد حفرت على كرة قطرها 54 سنتيمتراً، وقد انماها سنة 1679 وظلت بدون مثيل حتى نهاية القرن الثامن عشر.

وبقى العالم النجمي غير مكتشف تماماً. فللناظر كانت عاجزة تماماً. ولكن سبق ان اشرنا الى اكتشاف سديم اوريون من قبل بيرسك سنة 1611. اما سيهون ماير Simon Mayer او ماريوس Marius (1570 - 1624) وهو فلكي عند منتخب براند بورغ Brandebourg فقد نازع غاليلي، زوراً، اكتشاف توابع المشتري، الا انه كان الاول بلون منازع الذي اشار الى وجود سديم اندروماد. ولكننا نكون فكرة عن ببطء التقدم في هذا المجال عندما نذكر الاكتشاف التالي، اكتشاف كومة هر كول Hercule، من قبل هالي Halley، في سنة 1715. . . ويبدو ان الصدفة وحدها هي المسؤولة عن هذه الاكتشافات التي لم يفهم معناها الحقيقي يومئذ.

وفي سنة 1596، في هانوفر Hanovre اشار دايفد فابريسيوس David Fabricius الى اللعنان المتغير في نجمة اكثر تألقاً في برج الحوت كان اسمها الكلاسيكي ميرا Mira. وكان مكتشفها الاول هفليوس Hevelius. وكانت مدتها 333 يوماً، وقد قاسها بوليو Boulliau في سنة 1652.

ونحن مدينون ايضاً لنفس هفليوس Hevelius باكتشاف الصيخد او البقع اللعانة في الشمس الذي يؤكد، بعد اكتشاف البقع، ان سطح الشمس لم يكن لا ثابتاً ولا جامداً. ونذكر ايضاً من بين اعمال هذا الفلكي لاثنته النجومية غير المكتملة. ولكن الاسم الذي اطلقه، وهو مسكوكة (سويسكي Sobieski)، على حقل غني جداً بالنجوم في طريق المجرة، تكريماً لحاميده وسيده جون Jean الثالث سويسكي Sobieski، ما يزال مستعملاً حتى الآن. وظل اسم هفليوس Hevelius مقروناً حتى الان بالعمل الاول الشامل حول المذنبات. وظهر كتابه خارطة المذنبات سنة 1668: وفيه اثبت بفعل قياس التغير الواقعي في المذنبات، مذنب 1652 ومذنب 1664، ان هذه المذنبات ليست تغيرات سماوية في فضاءنا، بل انه تنبأ بان حركتها بيضاوية او شبه بيضاوية حول الشمس.

استمرت دراسة الكواكب السيارة. وقام اليسوعي الايطالي نيكولو زوكي Niccolo Zucchi برصد بقع فوق المريخ، وقطاع المشتري سنة 1640 وربما كان فونتانا Fontana قد شاهدها سنة 1636. وقد سبق ان رصد بيرسيك، أولاً، عطارد في وضوح النهار، واكتشف النور الرمادي في الزهرة.

ولكن يبدو انه من المفيد التثبت من توقعات كبلر الذي سبق واعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في سنة 1631. وقد نجح غاسندي في رصد هذا الامر. وهذا الشأن يقول الاب هنبرت Humbert :

« الحقيقة انه لم يكتشف شيئاً . . . انه اثبت فقط الاكتشافات السابقة. ولكنه في كل ارصاده اظهر عن منهجية فكرية وعن حرص على الدقة ، وعن توخي الاناقة التي جعلته اعلى من كل معاصريه » (مذكور في العمل الفلكي عند غاسندي Gassendi ، باريس 1936) .

ورصد غاسندي المرور، عن طريق الاسقاط، مشيراً بدقة - وقد اسف لانه لم يتوصل الى عمل افضل - الى نقطة الخروج من الصحن .

والارصاد المتعلقة بالمرور، طيلة القرن لم تتجاوز الدقة التي وصل اليها غاسندي. في سنة 1639 رُصدَ مرور الزهرة من قبل الشاب هوروك Horrocks ، قرب ليفربول (وكان هذا الفلكي الشاب الماساوي المصير، 1619 - 1641 ،) اول من طبق قوانين كبلر على حركة القمر مثبتاً تنوع الخروج عن المركز، وتأرجح المحور الكبير خلال المدار وتتبع هفليوس Hevelius في دانزغ وهويجن في لندن، مرور عطارد في 3 أيار 1661 (وكان هذا ثالث مرور رصد) .

هذا الجدول السريع قد يعطي فكرة عن كثرة الارصاد المفيدة. انما يجب الاعتراف ايضاً بمحدودية الغنى الناتج عن هذه الارصاد. لا شيء يشبه في كل هذه القوة الخلاقة عند شخص مثل كبلر او غاليليه. اما أجددة فأتت من التقدم في صنع الآلات من قبل عالم كامل هو هويجن .

هويجنس - استهوت المسائل البصرية هويجن الذي فهم ان التقدم الجديد في مجال علم الفلك مرهون بتحسين الآلات. وفصل اول ناظور له في سنة 1655. وفي سنة 1659 كتب ما يلي : « يوجد في التلسكوبات المزودة فقط بزجاجات محدودة ، مكان ما يقع بالنسبة الى العين على مسافة أكبر بمرتين تقريباً من المحدود بحيث انه اذا وضعنا في هذا المكان داخل الانبوب شيئاً دقيقاً وصغيراً منتهى الصغر، فان هذا الشيء يُرى واضحاً ضمن اطار في منتهى الوضوح، بحيث انه يسحب من الرؤية ، وينسب تناسب مع ابعاده الجانبيه ، قسماً من شيء مضيء مثل القمر منظوراً اليه بواسطة التلسكوب . . . » .

هذا النص الذي يعالج فيه هويجن « الفاصلة » ، التي هي جلة الميكرومتر، يدل على ان فوائد جهاز الرؤية اللام او الجامع، التي اشار اليها كبلر سنة 1611، هذه الفوائد بقيت 50 سنة حتى دخلت في مجال التطبيق العادي. واذاً فقد فهم هويجن تماماً اي مكسب يمكن ان يستفاد بالنسبة الى قياسات الزوايا .

الا ان التقدم الذي حقق في قطع العدسات ، وبصورة خاصة من اجل اعطاء سطوح العدسات الانحناءات المطلوبة ، بدقة كافية، مكنت هويجن من ان يضيف الى اكتشافات غاليليه مكتسبات مفيدة جداً

لا شيء يشبه، بالضبط، الضجيج المفتعل الذي تسبب به كتاب ميدروس نونسيوس Sidereus nuncius. ولكن سنة 1655 تعتبر انطلاقة جديدة لعلم النجوم المبني على الرصد .

فقد اكتشف هويجنز ، يادىء الامر، تيتان Titan، وهي اكبر التوابع بالنسبة الى زحل Saturn، فالقمر والتوابع الاربعة الغاليلية للمشتري، هذه هي إذن ستة توابع معروفة ككواكب سيارة. هذه المطابقة العددية، ارتدت في نظر هويجنز معنى : فقد بدا له انه من المستحيل ان يكون هناك عدد من التوابع يفوق مجموع عدد السيارات. وسادت الفكرة « المسبقة » على امكانات الرصد. واكتشف ج - د. كاسيني J. - D. Cassini التابع « جاييت » Japet سنة 1671 ثم « ريبا » Rhéa سنة 1672، دون ان تنوخر له آلة متفرقة على آلة هويجنز (اكتشف كاسيني Cassini ايضاً تابعين آخرين لساتورن : تيتيس Téthys وديوني Dioné في آذار سنة 1684).

ولكن مميزات هويجنز كراصد اخذت كل امتيازها سنة 1656 عندما اوضح سر « الكوكب السيار ذي الاجسام الثلاثة »، أو « الكوكب الثلث » كما قال غاليلي. ورأى هويجنز ووصف بدقة « الحلقة ». لقد اختفت هذه سنة 1655، ولكن هويجنز استطاع ان يتتبع عودتها البطيئة المتتالية. صحيح انه اتخذ « الحيلة » باخفاء المعنى الحقيقي لاكتشافه بشكل جناس تصحيحي :

AAAAAA CCCCC DEEEEG H III III LLLL MM NNN NNN NNN
OOOO PP Q RRS TTTT UUUU (O

(مذكرته : ساتورنولونا نوفا، Saturni luna observatio nova، 1656)
ولكنه، في سنة 1659 وفي كتابه « سيستما ساتورنيوم » Systema Saturnium اعطى التفسير : حلقة رقيقة، سطح بدون تماسك، منحدر فوق المدار.

وتوقع ايضاً اختفاء هذا الشيء الغريب (معلناً حصوله في تموز آب 1671، بدلاً من ايار) وفسر بدقة هذه الاختفاءات الدورية : عندما تكون الشمس والارض ، على التوالي في سطح الدائرة او الحلقة ، تعمل رقة الشيء ، وانعدام الظل المحمول على حجه عن نظرنا .

ان ميزة هذا الاكتشاف ، وميزة تفسيره الصحيح يجب ان لا يقلل من قيمتها : فلم يعرف اي شيء مشابه ، ونعرف ان شيئاً عائلاً لم يكتشف بعد ذلك. الا ان هويجنز بالذات يلاحظ : « اذا كان المراقبون السابقون قد استعملوا مناظير اكبر ومجهزة بعدسات افضل، فانهم من غير شك على الاطلاق، كانوا قد رأوا نفس الاشياء التي رأيناها سنة 1655، وكذلك في 13 تشرين اول من السنة التالية » (سيستما ساتورنيوم Systema Saturnium، 1659).

ان الترابط المتين بين تقدم آلات الرصد والقياس وتقدم العلم بالذات، وهي فكرة عادية اليوم، بدت تحت قلم هويجنز، مؤشراً على عصره. وقد ساهم ايضاً في تحقيق نفس الفكرة، حين قدم في 16 حزيران 1657 عمله حول الساعة ذات الرقاص : وسوف تلعب هذه الآلة دوراً اساسياً عندما سوف تصيح القياسات الطولية الدقيقة ممكنة .

في الوقت الذي انشأ فيه لويس الرابع عشر أكاديمية العلوم واسس مرصد باريس، استدعي هويجنز الى باريس من قبل كولبير Colbert. وعرف فيها ببيكار Picard، أوزو Auzout، وكاسيني

Cassini. ولكنه اضطر ان يقطع علاقاته بفرنسا قبل نقض مرسوم نانت Nantes. وعاد الى هولندا ، فكرس بقية حياته في بناء آلات البصريات ، بمساعدة اخيه .

المنظار آلة قياس - بعد اختراع الناظور بمدة طويلة ظلت العضادات Alidades ذات الوريقات مستعملة كأدوات وحيدة لقياس الزوايا . وجمع هفليوس Hevelius ملاحظات المواقع الحاصلة بالعين المجردة والتي لم تكن ذات فائدة كبيرة : لقد استخرج كبلر كل ما يمكن استخراجه من القياسات الممتازة التي حصلها تيكونبراهي Tycho Brahé . ربما كان الرصاد روتيني جداً ، وكان ينقصهم الخيال الميكانيكي . ويمكن الظن ايضاً ان جذب الجديديات ، والمظاهر التي تفوق التصور في السماء كانت تكفي لاجتذاب الانتباه .

وربما كان جان باتيست موران Jean - Baptiste Morin هو اول من فكر في ان يزود الناظور بدائرة مقسمة . ولكن ناظور موران لم يكن مزوداً بشبكة : واذا لم يكن خط التصوير محدداً

في كانون الاول 1666 قدم آدريان اوزو Adrien Auzout الوصف الكامل لميكرومتر ذي برغي مزود بخيوط ثابتة وبخيوط متحركة . وفي السنة التالية : « الاسلوب الصحيح لاختذ قطر الكواكب ، والمسافة بين الكواكب الصغيرة ، ومسافة الامكنة الخ . ولكن المداخله التي اجراها حول هذا الموضوع في « الجمعية الملكية » في لندن في 28 كانون الاول 1667 ، اشارت الى القياسات حول الثريا ، والتي تمت بالاستعانة بالميكرومتر من قبل كرابرتي Crabtree (1619 - 1644) . ويبدو انه من الممكن ان تكون اعمال غاسكوانييه Gascoigne وكرابرتي Crabtree ، وحتى اعمال الشاب هوروك Horrocks ، الذي سبق وورد ذكره بمناسبة الحديث عن مرور الزهرة - مجهولة من جراء الاضطرابات التي خضت انكلترا في تلك الحقبة من تاريخها .

ومهما يكن من امر ، فان تعميم استعمال الميكرومتر بحسب التقنيات التي وضعها اوزو (1) Auzout حصل سنة 1666 .

وسرعان ما قام جان بيكار Jean Picard (1620 - 1682) الذي كان رئيس علم الفلك الفرنسي ، قبل مجيء كاسيني ، بتركيب ناظور ذي شبكية بصرية فوق ربع الدائرة (ذات شعاع 1,03 م) استعمله لكي يقيس الدرجة الأرضية . وقد تم هذا القياس الشهير بحسب أسلوب الزوايا الثلاثة الذي وضعه سنيليوس : Snellius .

وجرى قياس ثلاثة عشر مثلثاً بين سوردون Sourdon ، قرب اميان Amiens ومالفوازيين

(1) نعتز على تفصيلات حول هذا الخصام على الاسبقية في دانجون Danjon وكودر Couder : نواظير وتلسكوبات ، ص 627 - 629 ، وعند هنري رينان Henri Renan . الميكرومتر الجديد المسجل للدائرة الهاجرية (Meridien) في بستان

مرصد باريس . (حوليات مرصد باريس ، مجلد 26 ، وفي الاطروحة المسحوبة التي وضعها ر . مك - كون R.Mc . Keon ، باريس ، 1965) .

Malvoisine ، قرب باريس . ان القوس $1^{\circ}22'55''$ يعادل 78 850 قامة أي ما يعادل 57060 قامة بالدرجة . وسوف نرى كيف أن هذه النتيجة ، وهي تصحيح التقديرات القديمة ، أفادت نيوتن .

وأصبحت العناصر المختلفة لصنع آلة لرصد المرور متجمعة . وفهم بيكار Picard هذا ، كما فهم أهمية القياسات ذات الدقة المتناهية . وكان سابقاً لزمانه ، فألى على نفسه قياس زاوية الاختلاف للنجمة α من النسر الواقع . ولم يكن بالتأكيد ليقدّر على ذلك . ولكن مبادرة أخرى من مبادراته تستحق ان تذكر : فبعد ان استكمل الفلكي الدانيزكي جان هيكير Jean Hecker وضع جداوله الفلكية سنة 1680 ، اقترح بيكار سنة 1679 ، حساب « معرقة الازمنة او الحركات السماوية » ؛ ووضع بيكار السنوات الخمس الأولى ؛ وخلفه لوففر Le Fèvre حتى سنة 1702 ، واعتاد ان يقدم الكتاب كل سنة الى الملك .

ومات بيكار قبل انهاء اول آلة الهجرة (نصف النهار) في مرصد باريس وهي قطاع حائطي وضع قبالة البرج الغربي من المرصد من قبل ف. دي لاهير Ph. de la Hire . ولكن بعد ذلك الحين ، أصبح تقدم عالم الفلك مرتبطاً بتنظيم المراصد الكبرى .

المراصد الكبرى - تم تأسيس مرصد باريس بناء على قرار من لويس الرابع عشر سنة 1667 . ومن اجل مقارنة الرصدات والقياسات الجارية في باريس ، برصدات وقياسات تيكو براهي ، اربيل بيكار الى الداغرك ، بمهمة اعادة القياسات من موقع اورانيبورغ Uraniborg ، حيث المرصد الشهير ، مرصد تيكو . وكانت رحلة مثمرة حقاً : بين بيكار ان القياسات الهجرية (خط نصف النهار) التي وضعها تيكو يجب ان يدخل عليها تصحيح مقداره $(18'')^*$ ؛ ودون ان يتنبه للامر ، اثبت ظاهرة الانحراف ⁽¹⁾ : « يقول بيكار : ان النجم القطبي يتعرض لتغيرات لم يلاحظها تيكو ، وانا ارصدها منذ عشر سنوات » (1672) . واخيراً ، وليس هذا بالنتيجة الاقل لرحلته ، عاد بيكار الى باريس وبرفقتة فلكي شاب سوف يكون مشهوراً هو اولومس رومر Olaus Romer . وهكذا تكونت مدرسة باريس الفلكية من بيكار ، وأوزو Auzout ، ورومر Romer وهويجن . وبعد 1669 ، ضمت هذه المدرسة كاسيني Cassini الذي سوف يصبح رئيسها .

ولد جان دومينيك كاسيني Jean - Dominique Cassini في كوتية نيس سنة 1625 ، وعلم بعد 1650 الرياضيات وعلم الفلك في جامعة بولونيا . وفي هذا المكان ، استلم ، سنة 1669 ، طلب لويس الرابع عشر اليه لبتضم الى العلماء في اكاديميته الجديدة للعلوم (واعطي الجنسية الفرنسية سنة 1673) . وقد سبقت الإشارة الى اكتشافاته لتتابع زحل ؛ وفي سنة 1666 ، حصل على تقدير جيد لدوران المريخ (24س 40' بدلاً من 24س 37' د) . وفي باريس سنة 1675 اكتشف انفصال حلقة زحل الى قسمين (وحل اكتشاف اسمه فليل قسمة كاسيني للدلالة على هذه الفرقة بين الحلقات) .

(1) انظر لاحقاً « معرفة النظام الشمسي » .

ووضع جداول دقيقة لتوابع المشتري، وطلب الى رومر ان يثبت منها. ولكن هذا وجد تأخيراً أو تقدماً منهجياً في كسوفات هذه التوابع، بحسب ما اذا كان المشتري متصلاً أو مقابلاً. والى رومر وحده يعود الفضل في التأويل الصحيح لهذا الفارق في التوقعات : ان الفارق الشامل (22* بحسب قياساته بدلاً من 16 بحسب القياس الحديث) يمثل ضعف الوقت الذي يضعه النور ليجتاز المسافة من الشمس الى الارض . ومذكورة رومر Romer حول سرعة النور يعود تاريخها الى 22 تشرين الثاني 1675، كما تذكر ذلك في مرصد باريس لوحة تذكارية عن هذا الاكتشاف الذي يعتبر مرحلة جديدة في دراستنا للعالم الفيزيائي.

اما تأسيس مرصد غرينتش فله نشأة مختلفة تماماً . فقد قرر الملك شارل الثاني، بناء على اقتراح جون فلامستيد John Flamsteed (1646 - 1719) ، الذي استشير حول مشروع يتعلق بقياس خطوط الطول في البحر، تأسيس مرصد، وعين فلامستيد فلكياً ملكياً (مع راتب قدره (100)ليرة في السنة) بهدف القيام بكل رصد مفيد للملاحة ولعلم الفلك. وقد جاءت الملاحة قبل الفلك، مما يفسر اختيار الموقع، في ساحة غرينتش، المشرفة على مصب نهر التايمس. وكانت فكرة فلامستيد كما يلي : تنظيم جدول بالنجوم مع الاستعانة بقياسات الناظور لتحسين النتائج التي حصل عليها تيكو Tycho؛ ثم الحصول على جداول صحيحة عن القمر؛ ذلك ان تنقل هذا الكوكب السيار فوق سطح كرة الثوابت يشكل علامة بالنسبة الى البحارة، فيتيج لهم، بعد معرفة ساعة لندن، كيف يقدرون خط الطول الذي هم فيه. ولم يمتلك فلامستيد آلة مرضية الا بعد 1689، ومن هنا قلة عجلته في نشر النتائج التي حصل عليها، وهذا البطء جلب له عداوة نيوتن. وتفهم عجلة هذا الاخير لمعرفة ما اذا كانت رصائد القمر تؤكد وتثبت النظرية المرتكزة على معطيات اقل دقة.

ويجب قرن اسم فلامستيد Flamsteed باسم خليفته المستقبلي ادمون هالي Edmund Halley (1656- 1742) الذي كان استاذ الجيومتريا في اوكسفورد. وكان صديقاً لنيوتن، فالحج على هذا الاخير حتى ينشر « المبادئ »، وهذا يكفي لبيان فضله. ولكن اسمه اشتهر باسم المذنب الذي رُقي في سنة 1681 - 1682 قبل مروره وبعد مروره في مركزه الاقرب الى الشمس وقدم عناصر مساعدة جداً للحسابات. وحسب مداره، ثم بعد ان عرف ان نفس المذنب قد درس سابقاً، استطاع ان يتنبأ بعودته في سنة 1758⁽¹⁾. واخيراً درس هالي المغناطيسية الارضية، وبهذا الشأن، قام برحلة الى نصف الكرة الجنوبي، حاملاً عند عودته ارساداً فلكية ثمينة حول قسم من السماء غير معروف بصورة جيدة.

III - الانجازات الفلكية التي حققها نيوتن

تعتبر اعمال نيوتن توجيهاً ونهاية للعمل الفلكي في القرن السابع عشر، وهي تتجاوز اطار علم الفلك كما تتجاوز اطار الميكانيك. والرجل الذي قال « اذا كنت قد رأيت ابعث من الآخرين،

(1) حول هذا الموضوع انظر فصل « معرفة النظام الشمسي ».

فذلك لأن صعدت فوق اكتاف العمالقة». هذا الرجل هو أحد المنارات في الفكر البشري التي تُعتبر معالم التاريخ. واشعاعه لا يمكن أن يجد بفصل واحد من فصول العلم.

ولد في ولستورب، في لينكولنشاير Lincolnshire، في انكلترا، في الخامس والعشرين من شهر كانون الأول سنة 1642 (تُعطى قديم). اهتم نيوتن بالرياضيات أولاً، في جامعة كامبردج حيث دخل إليها سنة 1661. وقد أجبرته سنوات الطاعون الكبير (1665 - 1666) إلى العزلة المطلقة في بلده الأم. هذه السنوات اتاحت له أن يشرع بحماس في تكوين عمل حياته⁽¹⁾.

إذا كانت أفكار نيوتن هي ثمرة تأمل عميق ومنعزل، فإننا نفهم بصورة أفضل مدأها إذا ذكرنا كيف كان سابقه وبخاصة كبلر يطرّحون مسألة الجاذبية الأرضية والجذب الكوني.

أثبت آ. كويري A. Koyré أنه إذا كانت الجاذبية الأرضية، والجاذبية الكونية تبدوان لنا مرتبطتين، أن هذه الشراكة الطبيعية لم تكن تبدو كذلك لرجال القرن السابع عشر ولا لنيوتن أيضاً: أن الجاذبية الأرضية ملموسة مباشرة أما الجذب الكوني فهو عمل من بعيد، لا يمكن أن يوجد إلا بين أجسام توصف بأنها متشابهة.

يصرح كبلر في كتابه استرونوميانوف، 1609، أن الجذب المتبادل بين الأجسام ذات الوزن هو أساس نظرية الجاذبية الأرضية، وأن هذا الجذب يتناسب مع الضخامة أو جرم الأجسام. ولكن هذا الجذب المتبادل يبدو له ممكناً فقط بين أجسام من ذات العائلة، مثل الأرض والقمر، لا بين الأرض والكواكب، وبصورة خاصة لا بين الشمس والكواكب الأخرى: أن الشمس هي ذات مفعول محرك (كان كبلر يجهل مبدأ الجمود وبدأ استمرارية الحركة في نظره كان يقتضي وجود قوة ذات منشأ مغناطيسي أو شبه مغناطيسي).

أما مفهوم الجذب الذي يقتضي فعلاً من بعيد، فقد أنكره ج. آ. بوريلي G.A. Borelli (1608 - 1679): ولكن كتابه تيوريكامديسا... (فلورنسا 1666) يشير إلى قانون الجمود والحركة الدائرية بين الكواكب تحر ورائها وجود قوة نابذة يجب أن تعادل القوى الجاذبة.

ويقتضي قانون الجمود أيضاً أن يكون الفضاء لا متناهياً ومتجانساً. وهنا يصيب بوريلي الهدف تقريباً. ولكنه لا يصل إليه لأنه يرفض فكرة الجذب لأن معارقه الرياضية الناقصة لا تسمح له بأن يستمد كل النتائج. بعد أن ذكرنا بإيجاز ماهية أفكار العلماء في القرن السابع عشر حول مسألة ميكانيك السماء، عندها نتجّل أصالة فكر نيوتن وطريقته ضمن أطارها. وبدون أن يعرف، على ما يبدو، أفكار بوريلي، وضع معتمضم ولستورب Woolsthorpe بصورة كاملة حساب القوى النابذة. واستخرج

(1) قال سنة 1714 عن هذه الحقبة: كنت يومئذ في أوج قوتي الخلاقة، وكنت مولعاً بالفلسفة بشكل لم يتح لي فيها بعد.

(ذكره آ. كويري).

من حركة الكواكب ماهية زخم القوى الجاذبة التي تعادل القوى النابذة ، من اجل الاحتفاظ بشكل دائم ، بالكواكب في مداراتها .

وهكذا وجد ان الشمس تجذب الكواكب بمعدل عكسي لمربع المسافة بينها . فضلاً عن ذلك بعد ان قارن جذب الارض للقمر ، وقوة الجاذبية التي تهبط بالاجسام فوق سطح الارض ، استطاع ان يحدد بشكل عام ماهية هاتين القوتين .

ومهما بدا هذا العمل عبثياً ، يبقى انه غير كامل ، ولم تخف هذه الصفة على نيوتن الذي لم يشأ ان يعلنها : وبالفعل وضع قانون الجذب على اساس عكس مربع المسافة ، مفترضاً ان حركة الكواكب دائرية . ومن جهة اخرى ان المقارنة الدقيقة بين الجاذبية الارضية والجذب السماوي تتطلب معرفة قانون جذب شيء (الجسم الثقيل) من قبل كرة ملانة ، (الارض) . وكان من الواجب ايضاً ، وان كان هذا اقل اهمية ، الحصول على قياسات دقيقة حول زخم الجاذبية ، وحول شعاع الارض .

واخذ فكر نيوتن يتصاعد ببطء ، ضمن هذا المجال من الميكانيك ، وبذات الوقت اخذ يطوق اعماله حول البصريات . في هذه الاثناء اخذ يتمثل تدريجياً كتاب هويجن (تأريخ الرقاص ، 1673) . وحملته المناظرات مع هوك (1635 - 1703) الى استعادة مجمل الموضوع ، وفي كتابه الذي صدر سنة 1674 بعنوان : « محاولة لاثبات حركة الأرض » . . . اعتمد هوك بصورة نهائية قانون الجرمود ، واعاد النظر بفكرة الجذب المتبادل بين الكواكب والشمس دون ان يستطيع التوصل الى قانون الجذب .

وفي سنة 1680 عاود نيوتن النظر في تفسير حركة الكواكب ، ولكنه هذه المرة اعتبر الحركة يضاوية ، وانها مسببة ، بفعل قوة مركزية ، الجذب من قبل الشمس على الحركة المستقيمة التي تحدث بفعل الجرمود فقط . وعندها برزت امام عينه نتيجتان اساسيتان ، وفي الحال :

1- كل حركة خاضعة لقوة وحيدة ومركزية تخضع الى قانون المساحات (القانون الثاني عند كبلر) .

2- اذا كان الفعل المركزي متناسباً عكسياً مع مربع المسافة ، فان المسار هو مخروطي ، احدى بؤرتي تقع في مركز الجذب . (القانون الاول عند كبلر) .

وبين ايضاً ان قوانين كبلر تؤدي ، عكسياً الى القول بان قوة الجذب تتجه نحو المركز وان زخمها يتناسب عكسياً مع مربع المسافة . واخيراً جر قانون الجذب هذا قانوناً ثالثاً (الهرمونيك = الانسجام) . .

وبعد 1684 اعلن نيوتن ، في كتيب اسمه الدافع = De motu ، قدمه هالي الى الجمعية الملكية ، مجمل هذه النتائج . ولكن كان هناك حلقة اساسية ناقصة في هذا البناء . وفي سنة 1685 فقط استطاع ان يحكم السبك فقال : من اجل جذب يتناسب عكسياً مع مربع المسافة ، ومن اجل قانون الجذب هذا فقط ، يساوي جذب جسم من قبل كرة ملانة ، الجذب الذي تحدته كل ماهية الكرة اي جرمها المتمركز في مركزها .

ولكي يثبت نيوتون ذلك توجب عليه ان يستكمل، بل ان يوجد اداة جديدة-رياضية سماها حساب التدفقات، وهو اساس الحساب التفاضلي وحساب التكامل.

وفي سنة 1685 انهى نيوتن كتابه الرئيسي: الفلسفات الطبيعية مبادئ الرياضيات. وبدأت الوقت اتاحت اعمال هويجن (حول قياس تسارع الجاذبية الارضية) واعمال بيكار Picard (حول قياس شعاع الارض) اتاحت لنيوتن ان يكمل المقارنة الفعلية لقوى الجاذبية الارضية والجذب الكوني. واخيراً ظهر العمل الذي سجل احدى ذرى تاريخ الفكر البشري، وذلك سنة 1687. وقد دلت على اهميته مجموعة اعمال خلفاء نيوتن. في الفلك سوف يكون العمل الكامل تقريباً في القرن الثامن عشر، مرتكزاً على نتائج قانون الجذب الكوني.

.. ولن نهي هذا الفصل بدون التذكير بان عمل نيوتن في البصريات، قدم ايضاً لعلم الفلك وسيلة جديدة للرصد هو التلسكوب ذو الانعكاس⁽¹⁾ كما قدم ايضاً وعداً بتطور عجيب: التحليل الطيفي للضوء، تحليل لن يفهم معناه الا في القرن التاسع عشر.

من المنظار الى المراصد - وبين غاليليه ونيوتن فترة شباب علم الفلك الحديث، مع ما فيها من حماس واخطاء ايضاً، ولكن بنشاط وعكاسب جعلت منها حقبة في تاريخ الاكتشاف الكوني.

ومن كيلر الى نيوتن مروراً بهويجن وبيكار Picard، نضج العلم الحديث. واهمية عمل نيوتن من الناحية النظرية يجب ان لا تنسينا العمل المزدوج الذي قام به رصاد مشهورون او مغمورون: فمن المجدد كاسيني Cassini، الى المغمور غولتييه دي لفاليت Gaultier de la Valette، هناك عمل جماعي قامت به مجموعة من الراصدين. لقد ارتدى العلم الاعرق حيوية جديدة. ويكفي اسم غاليليه لكي يذكر بان هذا العلم ظل اكبر محرر للعقل البشري..

(1) هذه الالة التي شرحت نظريتها من قبل جيمس غريغوري James Gregory سنة 1663 اتجزها تقريباً وبآن واحد، وباشكال مختلفة، كاسنرين Cassegrain ونيوتن. وقد قدم هذا الاخير انه الى الجمعية الملكية في شباط 1672. والتطور اللاحق الذي اصاب التلسكوب سوف نستعرضه في المجلد الثالث عند درسنا لانجازات وليم هرشل

الفصل الرابع :

ولادة البصريات الرياضية

I - التقنيات التجريبية والنتائج الحاصلة

الادوات البصرية في بداية القرن السابع عشر - ارتبط التجديد الذي ظهر في تطور البصريات منذ بداية القرن السابع عشر، في معظمه، بالتقدم التقني، المتواضع والمغفل غالباً، الذي حققه صنع ادوات بصرية، وعدسات، وبجواهر (ميكرومكوب) ونواظير نجومية (فلكية)

ونشأة العدسات المخصصة للمناظر غير معروفة تقريباً . وفي بعض الاحيان يعزى اختراعها الى الفلورنسي سلفينو دجلي آرماتي (Salvino degli Armati) (1299). والأغلب والأرجح أن نشأة صنع العدسات هي نشأة احترافية مغلقة، وهذه العدسات الزجاجية المحدبة ثم المقعرة إلا الجوفاء كانت تستعمل للحصول على مفاعيل تكبير وتصحيح الرؤية . وحتى القرن الخامس عشر كان الاهتمام قليلاً جداً بدراسة عملية العدسات الزجاجية دراسة علمية .

وقد سبق ان بنى ليوناردا فنشي Léonard de Vinci غرفة مظلمة واخذ يقارن شغلها بشغل العين . ومن جهة اخرى، ومنذ القرن السادس عشر استعملت المرأة المقعرة كميكرومكوب (جيوفاني رونسلي 1523) واخيراً وحوالي 1550، وفي صقلية انجز ف. موروليكو F.Maurolico دراسة منهجية حول المشورات وحول المرايا الكروية، وحول عملية الرؤية . وتدل اعماله التي لم تنشر الا في سنة 1611 على اعمال كبلر الذي بدا جاهلاً لها جهلاً تاماً .

واللامبالاة التي لاقى فيها الفيزيائيون العدسات الزجاجية، تعزى في معظمها الى الحذر الذي رافق النتائج الحاصلة على هذا الشكل . فقد كان العلماء يعتبرونها كالاغيب تحمل الوهم والخيال مخيل الرؤية البسيطة والصحيحة .

وقد ظهر اول كتاب منهجي وانتشر بصورة واسعة، حول العدسات بقلم النابوليتاني ج. ب. ديلا بورتا G.B.Della Porta (السحر الطبيعي ، طبعة 1589,2) . وينت العدسة او البويضة الزجاجية وكأنها تدخلت ايضاً في وصف الناظور ذي المعادين المنفرج . فضلاً عن ذلك، صنع في سنة 1590 اول منظار ذي معادين منفرج . ولكن صنع الادوات المماثلة تطور في هولندا بعد 1604 .

وفي سنة 1610 لفت غاليليه Galilée الانتباه الى الإمكانيات التي يمكن أن يقدمها الناظور ذي المعاین المنفرج . وباستخدام هذا الناظور لرصد الظواهر السماوية، أثبت غاليليه وجود توابع المشتري ومع ذلك فالتائج الحاصلة على هذا الشكل كانت موضوع نزاع بين غالبية الفيزيائيين . فحتى كبلر نفسه وقف محجماً تجاهها في بادئ الامر، ولكن بعد ايلول 1610 أيد بصورة رسمية صحة تجارب غاليليه . وفي كتابه ديوبتريس Dioptrice، المنشور سنة 1611 طور كبلر علماً بصرياً جيومترياً للعدسات وللناظور النجمي الذي وضعه غاليليه، كما طور آلة التصوير من بعد . وأتاح استعمال الحواجب، حين ضيق على الرزمات الضوئية، وخصرها بالأشعة المركزية، إقامة توافق تناظري بين نقطة الصورة ونقطة الشيء . واخيراً بدا ان الشكوك التي كانت تحيط باستعمال العدسات وبصورة خاصة الناظور النجمي قد زالت فتحسين الناظور إتاح تقدماً ضخماً ومباشراً في مجال علم الفلك وعلم البصريات .

تقدم لتقنيات الآلاتية : الناظور النجمي والمجهر او الميكروسكوب - رغم اشتهار اكتشافات غاليليه ظلت نماذج النواظير النجمية نادرة . وظل بناء هذه الآلات صعباً . فقد كان بناؤها مقصوراً على الشخصيات العلمية او علماء البصريات المشهورين مثل ديكارت Descartes وهوك Hooke وهويجنس Huygens الذين لم يكونوا يأنفون من صنعها بأيديهم ، رغم دقة هذا الصنع .

وكانت النواظير الاولى النجمية مكونة من عدسات محاطة بانابيب من كرتون تنزلق بعضها فوق بعض . ولكنها استبدلت سريعاً بانابيب من نحاس اصفر . الا ان زيادة قوة هذه المعدات كان يقتضي زيادة في المسافة البؤرية للعدسات وبالتالي زيادة في طول الانابيب . ووجد هويجنس حلاً لهذه المسألة حين استبدل انبوب الناظور النجمي بحاملة صلبة . وبعدها اقتضت الصعوبات على صنع الزجاجات . وفي 1660 تقريباً مكن تقدم الصقل الزجاجي من الحصول على عدسات مكبرة جداً .

ويبدو من الطبيعي جداً تطبيق مبدأ المنظار النجمي في بناء العدسات الامر الذي مكن من مشاهدة الاشياء الصغيرة . والواقع ان التفريق الواضح بين الميكروسكوب والمنظار لم يحصل الا بصورة تدريجية . ففي بداية الامر بدا ان ذات النظام البصري قد استخدم لعدة غايات بعد ادخال تعديلات تفصيلية .

وظهرت المجاهر الاولى حوالي 1615، ولكنها ظلت خلال النصف الاول من القرن السابع عشر في حالة النماذج النادرة . وكان اشهرها هو ميكروسكوب ديكارت الشهير ذو العدسة الشديدة التحجب . واقرن صنع المجاهر بصعوبات اكبر من الصعوبات التي اعترضت بناء العدسات : فسوء نوعية الزجاج كان يتعارض مع وضوح الصورة . والزيغ التلويحي لم يكن يعطي الا نتائج مشوشة لم تكن تشجع الصنّاع على تكثيف صناعة قليلة المردود . وظهرت اول دراسة ميكروسكوبية حقه حوالي 1660 فقط، في كتابات هوك Hooke (ميكروغرافيا، لندن 1665)، ثم تلاه سومردام Swammerdam ومليجي Malpighi واخيراً ليونهووك Leeuwenhook . وكانت فائدة

الملاحظات المحقة بواسطة الميكروسكوب قد بدت بعد ذلك اكيدة. وفي اواخر القرن السابع عشر انتشر صنع هذه المعدات انتشاراً كبيراً .

وبدلت المجاهر البسيطة (اي المصنوعة من عدسة واحدة) وكانها اعطت نتائج مرضية في تلك الحقبة. واستخدم ليونيهوك Leeuwenhook مجاهر بسيطة ذات حجم بسيط. واصبح هذا النوع من الآلات شائعاً خلال السنوات الاخيرة من القرن السابع عشر. واضيفت اليه نوايع تسهل استعماله مثل الحملات المتحركة، والمسطبة التي تدور في مكانها. واستخدمت ايضاً كرات زجاجية صغيرة جداً لتحل محل العدسات الصغيرة التي كان استعمالها صعباً للغاية .

ومن جهة اخرى ومنذ منتصف القرن السابع عشر تم صنع مجاهر معقدة. فقد صنع الاخوان هريجن في تلك الحقبة مجاهر ذات ثلاث زجاجات. العدسة التي تلي الهدف او الهادفة والعدسة التي تلي العين او المعائن والعدسة الوسيطة او الحقلية. وكانت هذه العدسات مغروسة ضمن انبوين جرارين . واجرى هوك Hooke ملاحظاته بواسطة مجاهر مركبة من هذا النوع، تتضمن عدة انابيب انزلاقية ميالة. وكانت قوة التكبير فيها تتراوح بين 30 و40 مرة.

وادخلت تحسينات مهمة، وبصورة تدرجية في صنع المجاهر المركبة. وفي سنة 1668 استعمل معائن مكون من عدستين كل واحدة منهما مسطحة من جهة ومحدوبة من الجهة الاخرى. وفي اواخر القرن السابع عشر توصل الصانع الى صنع مجاهر ذات مفصل دائري يسمح بجلب الحامل وتدويره في كل الاتجاهات. وصنع ايضاً مجاهر ذات لولب اسرجاعي ثم ذات لولب ميكرومترى بحيث يسهل التصويب وهذا كان امراً شاقاً ودقيقاً . وقد عرف من ذلك الحين مجهر وحيد ذو معائن مزدوج اي ذو انبوين. وقد صنع سنة 1722 بناء على توجيهات الاب شارووين Chérubin .

المعطيات التجريبية في أواخر القرن السادس عشر- منذ العصور القديمة كانت خصائص الاشعة الضوئية معروفة من حيث النوعية : انتشار مستقيم، ارتداد وانكسار. وبصورة مبكرة استخدمت خصائص العدسات والمرآيا الكروية، وكذلك ظاهرات تشتت الضوء عن طريق الموشور. وقد وصف اقليدس هذه التجارب في كتابه كاتوتريك كما وصفها بطليموس Ptolémée وداميانوس Damianus في كتاب أوبتيكا (راجع المجلد 1، القسم 2، الكتاب 2، الفصل 2) . ولكن للأسف لم تكن هذه المعلومات غير الدقيقة تسمح بالحصول على أي تبسيط للمعطيات التجريبية وبالتالي لم تكن تسمح بأي نتيجة كمية .

هذا الفصل امتد حتى ان ابن الهيثم اقترح في مطلع القرن الحادي عشر تفسيراً ميكانيكياً لانعكاس النور على المرآيا المسطحة والكروية (راجع المجلد 1، القسم 3، الفصل 2) .

وشرع في تفسير مثير لانحراف الضوء الا انه لم يصل به الى اي استنتاج واضح .

وفي بداية القرن الثالث عشر ظهرت معالم نوع من التجريد التجريبي. وتكاثرت التجارب

واستخدمت الغرف المظلمة والموشورات والعدسات والمرايا من كل الانواع. ومع ذلك واذا كان استخدام العدسات شائعاً فإن كيفية عملها ظل غامضاً. لا شك أن باكون Bacon شرح البناء الهندسي لنقطة الاشتعال الحاصلة من جراء عدسة محدوبة متارة بأشعة الشمس. وعلى كل حال ظل القانون العام للظاهرة غير معروف (راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 8) .

وفي سنة 1593 حاول ديلا بورتا Della Porta ان يفسر انحراف الضوء في وسط محدب بسطح مسطح (ديرفراكسيونه) De refractione واصططم بصعوبات ضخمة سببها عدم وضوح المعلومات لديه، وخاصة اولى الرؤية التي استخدمها. وحتى بداية القرن السابع عشر بدا وكان الفيزياء التجريبية لم تكن تعرف كيف تطرح بشكل صحيح المسائل التي كانت تنمها، مع اشتباهها ببعض السمات في حلول كان يمكن ان تستعمل في هذه المسائل.

التقدم المحقق في التقنيات التجريبية وفي تفسير النتائج الحاصلة - استطاع كبلر ان يمرر من التجربة العناصر الاساسية التي سوف تستخدم لتوضيح قوانين علم البصريات الهندسي.

وفي كتابه المسمى «فيتيليونم» AD. Vitellionem 1604 ، عدد في بضعة احكام ومقترحات المبادئ التي تسود انتشار الضوء المستقيم ، ثم اقترح نظرية للصور الحاصلة عن طريق الانعكاس وعن طريق الانكسار. كانت نظرية حديثة من حيث الاستنتاجات التي تؤخذ منها وخاصة من حيث الافكار التي تستخدمها: في كل نقطة هدف من الممكن ان نجد لها نظيراً في نقطة صورة. وهذه الصورة قد تكون خيالية وتحيلية، اذا كان الشعاع الذي يتلقاه الناظر قد كُسر من قبل بفعل انعكاس او انحراف؛ وعندها تبني الصورة في الامتداد المستقيم للشعاع المرتدة فعلاً الى الناظر. ومع ذلك ، ورغم دراسة مفصلة لظواهر الانكسار، لم يتوصل كبلر الى استخراج القانون الصحيح. الا انه لاحظ نسبة زوايا الانحراف والانعكاس بالنسبة الى الانعكاسات الضعيفة. والمسألة وأن لم تحل الا انها طرحت طرحاً سليماً وصحيحاً .

واستطاع كبلر باستعمال مناهج ماثلة ان يفسر تفسيراً صحيحاً عملية الرؤية. ولهذا فقد فضل وظيفة العين وهي اداة البصر، عن تدخل الناظر تدخلاً معقداً . ويفصل مسألة الابصار عن مسألة الفيزيولوجيا المتترنة بها دائماً، استطاع ان يوضح دور الحجاب ودور الشاشة اللذين يلعبهما يؤثر الشبكية . وبين اخيراً كيف يمكن للبس النظرات ان يصحح انحرافات الرؤية .

وقد توصل كبلر الى استخراج المبادئ التي تسمح بقيام علم البصريات الهندسي دون ان يتوصل الى ايضاح قوانينه بشكل جازم .

والتعبير الصحيح عن قانون الانكسار او الانحراف يبدو انه قد وجد - ولكنه لم ينشر - من قبل ولبرورد سنل Willebrord Snell (سنيليوس Snellius)، (1580-1626) . وأعلنه اسحاق فوس Isaac Voss (1618-1689) لأول مرة، ولكن بشكل تجريبي خالص. « ان الطريق المقطوعة في

نفس الوقت وفي الوسطين هي ذات نسبة ثابتة تعادل نسبة الكوسيكانت في الزاويتين (الكوسيكانت = قاطع التمام ، والسينوس يعني الجيب) .

ولم يشر ديكارت، في ديوبترك الذي نشره سنة 1637 كملحق لكتاب خطاب المنهج ، الى عمل فومس Voss ، ووضع نسبة السينوسات مكان نسبة الكوسيكانتات . هذا القانون قد يكون موضوع تبين مرتكز على مبادئ الميكانيك . في البداية درس ديكارت انعكاس الضوء فوق سطح مسطح وقارن هذه الظاهرة بقفزة طابة مطاطة . وجره تحليل السرعة الى مكونات عامودية وافقية الى استنتاج سليم : ان زوايا السقوط والانعكاس متساوية . واستعملت طريقة ماثلة في انكسار الضوء عبر سطح مسطح : اذا كانت الاوساط شفافة فانها تترك جزئيات الضوء تمر مع تغيير المكون العامودي لسرعتها، وعندما نحصل على قانون السينوسات .

وانتقد فرمات بشكل ذكي طريقة ديكارت . وجاء اعتراضه الاكثر خطورة ناتجاً عن كون التبين الديكارتي يفترض وجوب الفرضية اللامعقولة والقاضية بان النور ينتشر ببطء في الهواء اكثر منه في الماء او في الاجسام ذات الوزن الاكبر . ورغم ما في هذا الافتراض من مغالطة ظن فرمات اولاً انه « من غير المجدي البحث عن افتراض آخر لان الطبيعة نفسها تفسر نفسها بوضوح لصالحه » . ومع ذلك فقد توصل مسترشداً بمبدئه حول الحد الاقصى او الزمن الاقل ، الى تبين قانون السينوسات ، مفترضاً ، بالعمكس انتشاراً ابطاً في الاوساط الاكثر وزناً . وهكذا ثبت علم البصريات الهندسية مبادئه التي اكملها اكتشاف الانكسار المزدوج الذي قام به برثولين Bartholin وهو يحن كما اكملته الدراسة النيوتونية لظواهر التشتت او التوزع .

ومن جهة اخرى ، وبخلال النصف الثاني من القرن اكتسب علم البصريات الفيزيائية اهمية متزايدة . وامن التقدم التجريبي المعزول الى استكمال الاجهزة ملاحظات أفضل سهلت بدورها التقنيات التجريبية . وأتاحت فرضيات العمل الاكثر ثمناً اختيار العناصر ذات المعنى من بين جملة الملاحظات الممكنة . وفي سنة 1665 اثبت غريمالدي Grimaldi في كتابه ديولمين ظاهرات زيفان الضوء او انحرافه . وبذات الوقت عملت تجارب نيوتن على الشفرات الرقيقة ، وتجارب هوك Hooke وهو يحن حول حصول التداخلات على اغناء المعطيات التجريبية بشكل غير متوقع . وأتاح اخيراً تطور الحساب المتناهي الصغر تحديد علم بصريات رياضية حققة حاول ان يفسر بمجمل هذه الظواهر .

وبدا هذا التفسير ملتصقاً بفرضيات ممكنة الطرح حول طبيعة الضوء .

II - نظريات حول طبيعة الضوء

الارث النظري الذي جمع بخلال القرن السابع عشر : طبيعة الضوء ونظريات العناصر - سنداً للتراث الاقدم يعتبر النور جوهراً تشكل النار عنصره الاول . اما درجة المادية في هذا الجواهر فتبقى متغيرة الى اقصى حد، ودورها مضخم نوعاً ما والنور يمكن ان يكون الجواهر الوحيد المولد

لكل الاشياء ، جوهر تشكل تحولاته الالوان وتؤمن وحدة الفيزياء . وهذا ما يمكننا ان نعرفه ، يختلف الاشكال . من نظريات المدرسة الميليزية Milésienne (القرن السادس قبل المسيح) ومن فيزياء هيراقليت الايفيزي Héraclite d'Ephèse .

وبتواضع اكبر قد يشكل جوهر النار او جوهر النور واحداً من اربعة عناصر ، وبعد الدمج مع الثلاثة الأخرى تشكل الالوان التي تميز الاشياء . هذه العقيدة التي قد تعود الى انييدوكل Empédocle انتقلت في التراث الشعبي قبل ان تستخدم كطرح في الفيزياء الارسطية .

تشكل النار في نظر ارسطو النور في حالته النعنة . ولكن نور السماء هو نار ملدوبة ومشوهة بالعناصر الأخرى . في الطبيعة لا يمكن ان نعرف النور الا بمظهر الالوان التي هي تشويه للنور .

ومن الناحية العملية تقتصر فيزياء ارسطو ، وبصورة فريدة تصوره للالوان ، على تطوير نظرية المظاهر . والمدرسة الرواقية Stoicienne بعد ان علقّت او طعمت هذه التيارات بمفهوم العشق او اللطف خففت ايضاً من فعاليتها . اما التجديد السكولاستيكي ، في القرون الوسطى ، فقد اخترقته الاختلافات المنبعثة من النظرية الجسيمية التي قال بها ديموقريط او نظريات هيراقليت وافلطون ، هذا التجديد المدرسي قدم ، حول طبيعة النور جملة من المفاهيم المختلفة والمتناقضة في احيان كثيرة . لقد تراجع النور ، وهو نسمة مادية ولكن شبه حية ، وناراً مرئية متجددة بتأثيرات خرافية ، الى الوان ، دون بحث في اوالية هذا التفهق⁽¹⁾

طبيعة الضوء والنظريات الجسيمية - كان المفهوم حول الطبيعة الجسيمية للضوء موجوداً منذ القديم كقدم نظرية الجوهر الفرد او العناصر ، في الهند ، وتساعد على ذلك النظريات المادية التي سبقت البراهمانية . لقد شكل اللون صفة اساسية في الذرات .

وكانت النظرية الذرية الاغريقية دائياً جوهريه . وبعد مضي مئة سنة من بداية العيزياء الميليزية ، علم اناك ساكور Anaxagore ان كل صفة تشكل عناصر اصيلة ودقيقة وغير قابلة للتفكك ، وهي الهوميوميريات Homéoméries .

وانطلاقاً من هذه الذرية في الصفات اتجه تطور نظريات الضوء اتجاهاً مختلفين تماماً : إما تلغى الاختلافات النوعية التي تظهر فيما بين الاجزاء التي لا تتجزأ (الهوميوميريات) Homéoméries . وتصبح خصائصها الوحيدة الاتساع والحركة . تلك هي ذرية ديموقريط Démocrite .

إما تجري محاولة إعادة تجميع هذه العناصر الأولية ضمن بناءات لا يمكن تفكيكها تشكل الاشياء الصغرى . وهذه هي ميزة فيزياء أبيقور Epicure⁽²⁾

(1) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 8 .

(2) راجع أيضاً المجلد 1 ، القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 2 ، والكتاب 2 ، الفصل 2 .

وظهرت نظرية النور عند ديموقريط بمظهر عارٍ تماماً . فهي تدخل جسيمات مدورة غير قابلة للقسمة ، وعارية من كل خصوصية حسية . من جهة أخرى يدخل بين العين والشيء مائع ، هو بالنسبة للهواء لان ديموقريط Démocrite لم يبحث في ابعاد من ذلك . والنور لا يتألف من جواهر خصوصي ، ولكنه ينتج عن عمل خصوصي . وهو يتوافق مع ندرة وتحقيق الهواء خفة تحدث وتنقل بافعال ميكانيكية كلها جسيمية .

ويبدو محتوى هذه النظرية غامضاً نوعاً ما بما يفسح في المجال امام العديد من البدائل التي تعزى الى التيارات الفلسفية التي كانت تعترى مؤلف النظرية . من ذلك ان أفلاطون يفترض ان الرؤية تنتج عن لقاء شعاع ينطلق من العين ويحمل جسيمات تصدر عن الاجسام . ووجود شعاع ينطلق من العين كان من الامور المقبولة من العصور القديمة وخاصة من فيثاغور . والنظريات الفيثاغورية وخاصة نظرية اقليدس ادت الى استنتاجات شرعية تماماً في مجال علم البصر الهندسي . وفي نظر افلاطون يتكون هذا الشعاع او النار الابصارية من جزئيات تصغر او تكبر عن الجسيمات التي تصدر عن الاشياء المادية . والاحساسات الضوئية ، والسواد واليباض ومختلف الالوان تنتج عن الابعاد النسبية للجسيمات المنبثقة عن الاشياء ، وعن الجزئيات المكونة للنار البصرية .

وتتجه نظرية ابيقور Epicure ، وقد بسطها فيها بعد لوكراس Lucrece اتجاهات مختلفة تماماً : فسطح الاشياء يبحث بصوره دائمة جسيمات رقيقة وسريعة تحتاز الهواء محافظة على شكلها الجسماني ، المأخوذ عن الاجسام التي افرزتها . انها الامثال او الاشياء او الصور التي تحدث الابصار عندما تلتقي بالعين .

هذه النظرية الابيقورية في الضوء ليست علمية على الاطلاق . فهي بتزويلها للتجربة ، ويقصرها الابصار على الاشياء الصغيرة اكتفت بتزويد الاشياء بإمكانية الانتقال السري الخفي دون ان تحاول تحليل المعطيات المباشرة للتجربة .

وفي القرن الحادي عشر ، وبفضل ابن الهيثم Al hazen ، ثم في القرن الثاني عشر والثالث عشر نشأت بتواضع شديد ، نظريات ذات منحى علمي نوعاً ما . هذه المحاولات الاستقلالية ظلت لا اتباع لها ، وقبل عصر النهضة ، استمرت اكثرية النظريات الجسمانية للضوء تتفاعل بحسب مبادئ ارسطو .

وحتى نهاية القرن السادس عشر ظلت نظرية الضوء محكومة بمحاولات مثيرة للاهتمام ، مثل محاولة ديورتا De Porta ، ولكنها ظلت عاجزة ، عن طرح المسائل بشكل صحيح ، هذه المسائل التي تطرح نفسها ، كما عجزت عن تقديم حل دقيق واضح . وحتى مجيء كيلر بانجازاته ، جرت عدة محاولات ، ووصفت ، ولكنها فسرت تفسيراً سيئاً لانها كانت غير قابلة تقريباً للتفسير .

اراء حول طبيعة الضوء في مطلع القرن السابع عشر - في اواخر القرن 16 طرح موضوع طبيعة الضوء بعبارات تم ، في معظمها ، عن تصوراتنا الحالية ، وفي غالبية كتب تلك الحقبة ، كان

الفيزيائيون كانوا يسألون انفسهم هل الضوء جسم ام انه حركة جسم .

بالنسبة الينا، تبقى هذه الكلمات غامضةً وغنيةً للامال قليلاً . واذن فنحن ميالون الى تفسيرها بالمعنى الذي يلائم اهتماماتنا، وبقدر من الحماس كلما بدت قريبة اكثر من فيزيائنا الحديثة . فاذا كان الضوء جسماً ، اليس هذا هو اساس النظريات الجسمية ؟ واذا كان الضوء حركة جسم اليس في هذا بداية نظريات الاثير ؟ .

الا ان هذا التنسيب يبقى في معظمه غير صحيح . فعند استعمال كلمة « جسم » ونعت « جسمي » يمكن ان نفهم ان الضوء هو من نفس طبيعة المادة، وانه يختلف عنها بالحجم او الابعاد . ولكن يمكن ان نعتبر ان الضوء هو جوهر ذو طبيعة خاصة بدون صفة مشتركة مع المادة، واذا لم تكن هذه الصفة بالذات حقيقةً جوهرية . ان هذا الرأي يوقع في كثير من الحيرة . ولكن عدم المادية بدا لمدة طويلة تعريفاً سلبياً خالصاً ولكنه فعال بالنسبة الى الاثير . والقول بان الضوء هو حقيقة جوهرية ، غير مادية ، يوصل مباشرة الى هذا النوع من النظريات .

ومن جهة اخرى، ما هو القصد من القول بان الضوء حركة جسم ؟ قبل اعمال هويجن حول الحركات التجمعية ، كان يؤخذ بمفاهيم الضغط، والتمدد والتغيرات حول وضع وسط، تغيرات ما تزال تحتفظ بسمات منبثقة عن النظريات الجسمية . واخيراً كان يستعان غالباً بحركات اجمال السوائل ذات الطبيعة غير المحسومة . هذه النظريات لم تكن تختلف كثيراً عن النظريات المسماة « جسمية » وتدخل بمختلط النظريات الجسمية .

وهكذا ، لا يمكن للضوء ان يشكل حركة مستقلة عن الوسط الذي ينقله، وترتبط النظريات الحركية حتماً هذين العنصرين . وبحسب التركيز المعطى لاحد العنصرين على حساب الآخر، نحصل على نقل سهل لمعنى النظرية . وانه مع الفكرة الواضحة فكرة التموجات بدون نقل مادة ، وجدت نظريات الاثير استقلالية حقة، ثم انه، حتى عصر نيوتن، لم تكن النظريات حول الضوء لا حركية خالصة ولا جسمية ضيقة .

النظريات التي سبقت ديكارت - بقولهم ان الضوء هو جسم ، قصد الفيزيائيون السابقون على ديكارت في اغلب الاحيان انه عنصر ، انه جوهر دائم . وهم بهذا يستعيدون افكاراً قريبة من المفاهيم الارسطية لكي يجعلوا من الضوء نارا تظل طبيعتها مبهمة ولكنها ليست جسمية .

فالضوء في نظر انطونيو دوميني Antonio de Dominis مثلاً (1611) يبدو عنصراً اساسياً، او شيئاً يضاف الى الاجسام ويحدث الوانها . وعندما يكون الضوء نقياً ، فان له مظهر النار، ولكنه قد يفقد لمعانه لكي يصبح اللون الابيض . وهو يولد كل الالوان الاخرى باختلاطه بالادراة المادية .

وكانت تصورات اسحاق فوس (1648) Isaac Voss قريبة رغم ان تداخل الأشعة وتسلطها .

يبدوان، في نظره حجتين كافيتين لصالح الطبيعة المادية للضوء. رغم ذلك فإن طبيعته هي النار ولكن بعكس ما يظن الاقدمون: أرسطو وكذلك المشاؤون - ليست هذه النار عنصراً. ان الضوء له حقيقته كالصوت والرائحة: انه حرارة سببها زعزعة الاجسام الصلبة. انه (يقول فوس Voss) الفعل الذي يذيب الاجسام. انه يجتاز الفراغ بشكل آني وغير منظور ويصبح مرئياً من جديد في الجوامد.

وليست نظرية فوس نظرية جسمية، في الضوء، بمعنى انها تميز الضوء عن المادة التي تشكل الاجسام التي نعرفها. ولكنها ليست ايضاً نظرية حركية: ان القول بان الضوء هو حرارة لا يعني تشبيهه بالمكان، والقول بانه ناتج عن تزعزع الاجسام الصلبة لا يجعل منه مكاناً للاهتزازات.

في ذات الحقبة توضحت المفاهيم الحركية للضوء. فالضوء يتبع عن حركة بعض الاماكن الجوهرية التي ليست بالضرورة مادية. ان التقلد يقوم، الى حد بعيد على توضيح طبيعة هذه الحركة التي تبقى مختلفة تماماً عن التغير الشامل الذي يعتري مطلق جسيم. وهكذا تجعل نظرية هاركوس مارسي Marcus Marci (تومانتياس Thaumantias لير... براغ 1648) الضوء نتيجة تبلورات وتكدسات وسط غير مادي، ليست طبيعته واضحة بشكل آخر.

ولكن غالبية النظريات الحركية تفترض، على الاقل ضمناً، الطبيعة المادية للوسط، باعتبار ان هذا الوسط لا يختلف عن المادة العادية الا بدرجة رهافته. ويبدو ان تقدماً حاسماً قد حصل في هذا النوع من النظرية، فعلاً، عند تشبيه الضوء بالصوت، الذي يعزى كما هو معلوم الى ارتجاجات الهواء، ويبدو ان ليونارد دافنشي قد استشبه هذه القرابة التي فرها غاليليه فعلاً.

فبالنسبة الى غاليليه، تعتبر المفاعيل الفيزيائية وبصورة اخص، كل المفاعيل البصرية ذات اسباب حركية حتماً. فالضوء، مثل الصوت، انما مع سرعة انتشار اعظم واعلى، يفترض حركة الوسط او المحيط. ما هو قوام هذه الحركة؟ هل هي من فعل اصطدامات الجزئيات الجامدة التي تشكل الوسط؟ ام هي حصيلة ظاهرات تارجحية؟ لقد بقي غاليليه غير حاسم بهذا الشأن. كما ان علمه البصري ظل مجزئاً نوعاً ما.

علم البصريات عند ديكارت - من المبادئ الاساسية في فلسفة ديكارت افترضه ان المادة في جزيئها امتداد. وبالمقابل ان مطلق امتداد لا يمكن ان يكون الامادة. فالكون بأكمله هو متغير الى اقصى حد ولكن طبيعته تبقى، في اساسها، هي هي. ويتحقق تداخل هذه المواد المختلفة المرفهة بعضها ببعض بأساليب اعصارية فتحدث كل الظاهرات الفيزيائية.

بين الشمس والعين تمتد مادة لطيفة مؤلفة من كريات صغيرة ذات حجم لا يتغير، تتلامس مثل الحبات المتراكم. ونحاول جسيمات اكثر دقة ودائمة لانقسام بفعل الالتقاء بالاجسام الاخرى، ان تهرب من الشمس ومن كل الاجسام المضيفة..

وإذا لا تلتقي أي فراغ، فإنها لا تستطيع الا ضغط الجهاز الوسيط. ان قوة « شبه مضطربة » سوف تلقي بثقلها في هذا الوسط. وتتضاعف وتتراخى بشكل هزات صغيرة متنوعة. وبالالتقاء مع الاجسام الصلبة انما المسامية، تنكسر جسيمات الاوساط اللطيفة وتُنقل اذا كانت المسام عريضة نوعاً ما وكثيرة العدد. او تعكس اذا كانت الفتحات (المسام) نادرة وصغيرة.

وبالتالي لا يعتبر الضوء حركة حقة بل اتجاهاً متحركاً او تياراً او ضغطاً . . والنور كحادث من فعل التغيرات الايقاعية في الضغط الحاصل داخل سائل لا يقبل الانضغاط، ينتشر آنياً . يقول ديكارت :

« انه ليس شيئاً اخر غير نوع من الحركة او من الفعل السريع والحاد يتقل نحو اعيننا بواسطة الهواء او اجسام اخرى شفاقة، كما تنتقل الحركة او المقاومة، (مقاومة الاجسام التي يصطدم بها هذا الاعمى) الى يده عبر عصاه .

ان نظرية ديكارت، المملوءة بالاماكن المادية والجسيمية، تعتبر، في اغلب الاحيان، غير متلائمة مع التصورات الاساسية التي يجب ان تلهم نظرية الاثير. وهذا الحكم قاطع ان اُمنّا بان صفات الاستمرارية والانقطاع هي بالضرورة مرتبطة بالمفاهيم الحركية او الجسيمية للضوء . الواقع، ان الفرق الكبير الحاصل بين الاراء الممكنة في البصريات يأتي من الطريقة التي بها يتم تصور انتشار الظواهر الضوئية، اي الدور المعطى للوسط. وبهذا المعنى، تتصل نظرية ديكارت، بالتأكيد، بنظريات الاثير، اثير مادي اكيد الا ان دوره هو دور الوسط او المكان. واذا لم تكن هناك حركة محددة تماماً حول موقع وسط، فانه يوجد منها جوهرها: وهو هذا الضغط « شبه المرتجف » الذي ينقله في الحال وسيط جامد .

لم يكن علم البصريات عند ديكارت Descartes منفصلاً عن التجربة، ولكن التجربة تدخل عندئذ كاثبات ضروري لحقيقة مسبقة. وكان ديكارت مثل غاسندي Gassendi يرى في ظاهرات الانعكاس والانكسار حالة خاصة من صدام الاجسام. فقد بين قوانين الانعكاس بواسطة مثل عودة الطابة المطاطية الى القفز. وادت به دراسة مماثلة حول الانكسار الى قانون سينوس.

رأينا ان فرمات رفض فرصة ديكارت وبموجبها: ان الاجسام الاكثر ثقلاً نوعياً تقاوم حركة الضوء اقل من مقاومة الهواء او الاجسام الخفيفة .

وهناك اعتراض آخر، انما مبدئي هذه المرة، على الصفة التصويرية للفيزياء الديكارتية، فتفسير الانعكاس، بحكم بنائه على المقارنة، يبدو تحكيمياً كيفياً .

وحذر فرمات من الفرضيات الميكانيكية مستغرب نوعاً ما، في حقبة سابقة تماماً على حقبة نيوتن. ومن الغريب حقاً ان توجه الى نيوتن، بعد نصف قرن من الزمن، انتقادات معاكسة تماماً: فقد وصفت فيزيائوه بانها وصفية او انها مدرسية لانها خلّت من الاعاصير.

والواقع ان تهاوي فيزياء ديكارت سببه اسرافه في اليقينيات التكوينية. والتطمين الادعائي في فيزيائه مرتبط باستعمال اسلوب استنتاجي قادر بمفرده، على تفسير الكون تفسيراً كاملاً، وبعد وفاة ديكارت بخمس وعشرين سنة، ادى قياس سرعة الضوء، من قبل رومر (1675)، الى هدم نتيجة اساسية في الطريقة وهي الانتقال باللحظة والآن للظواهر الضوئية. وفي نفس الحقبة تقريباً، ادى اكتشاف التشتت الى زعزعة اساس علمه البصري بالذات.

النظرية الارتجاجية عند مالبرنش Malebranche : اللون و« الفجاءة » - شاهدت نهاية القرن 17 ولادة اكتشافات مهمة في علم البصريات سوف يكون لها انعكاس مباشر على نظريات الضوء.

في سنة 1665 اثبت غريمالدي Grimaldi ظاهرات انحراف الضوء. وبذات الحقبة، درس هوك Hooke في انكلترا تلوينات الرقائق الرقيقة. واكتشف الانكسار المزدوج بعد ذلك باربعة سنين من قبل ايراسم بارتولين Erasmе Bartholin، ثم درسه هويجن. واخيراً، في سنة 1675، بين رومر Romer، وهو يرصد توابيع المشتري، ان انتشار الظاهرات الضوئية يتم في زمن متناهٍ وحدها سرعتها.

هذه الحقبة التي تميزت بالنجاحات التجريبية الكبرى، كانت حقبة شباب نيوتن. وفي فرنسا استمرت الديكارتية تحتفظ بكل قوتها. وحاول مالبرنش ان يقرنها بالنظريات الارتجاجية التي اخذت تسيطر وتشتهر بعد اعمال غريمالدي، وهوك وهويجن. كان مالبرنش Malebranche (1638 - 1715) تلميذاً عند ديكارت Descartes. ولكنه كان يختلف عنه كثيراً في بعض نواحي فلسفته. وقد ادكن القول أنه احل فكرة العقلانية الاساسية محل الوضوح اللا أدري الذي هو اساس الديكارتية. من المؤكد ان العقلانية لا تعبر، في نظره، عن حقيقة الاشياء بل عن كيفية تكويننا كتب يقول : « لا شيء كالايمان يقنعنا بوجود الاجسام ».

وفي البصريات اخذ مالبرنش يعتمد النظرية الديكارتية حول الاماكن اللطيفة مع ايضاحها قليلاً. وقد قال بان الضوء يقوم على ضغط انتشاره آني. ولكن هذا الضغط ليس ثابتاً. بل هو عرضة للتغيرات الدورية. واذن ففروقات الضغط، المشبهة للارتجاجات هي التي جعلت نظرية ديكارت قريبة من نظرية الارتجاجات في الاوساط المادية.

وهناك تقدم آخر فحواه سحب الصفة المادية الخالصة التي احتفظت بها الاماكن اللطيفة الديكارتية. ولكي يفسر مالبرنش تماسك الاجسام، افترض انها خاضعة من الخارج لضغط مادة غير منظورة ومتحركة. وبدون هذا الاثير، يصبح كل جسم مائماً. والغنصر الثاني عند ديكارت هو ان هذا الاثير الذي يتألف من كرات صغيرة صلبة ومتمايكة، يتألف في الحقيقة من كرات طرية يمكن ان تشكل بذاتها اعصارات صغيرة. وهكذا اقترب من اثير هويجن الصلب والمرن.

ولكن مهما كانت التحسينات الطارئة على بنية الفضاء وعلى حركاته، تبقى نظرية مالبرنش

إمينة ولمدة طويلة، للمبادئ الجوهريّة في النظرية الديكارتية. ان الضوء هو احساس محفوظ بارتجاجات ضاغطة سريعة جداً. وقد تفاقمت الصفة « الارتجاجية » في الضغط الديكارتى الى درجة انها اصبحت ارتجاجاً حقاً. في الظلام يضغط الاثير اللطيف على الشبيكية اثماً بانسجام - بحيث ان هذا الضغط الثابت لا يحس كانه ضوء ..

وحوالى اواخر حياته، تغيرت نظريات مالبرانش بشكل محسوس. وفي 1712 اطلع على « اوبتيك » نيوتن، وكان يجهله حتى ذلك الحين. في هذه الاثناء كانت نظريته حول الالوان قد تكونت. وقد نجح في ربط كل لون نقي. بارتجاج سريع (اي بالوتيرة) معين. ولكن النظرية النيوتنية حول التشتت اجبرته على الاستنتاج بان اللون الابيض يتكون من تراكم سلسلة من الارتجاجات، ذات الوتائر المتنوعة، ان جوهر مبادئ الديكارتية لم يتزعزع بشكل ظاهر، وقد حاول ايضاً ان يفسر قوانين الانعكاس والانكسار ببنية اعصارية للاثير.

واذاً فقد نجح مالبرانش في الاحتفاظ بالقسم الاقوى من كل نظرية، وفي التوفيق بين المبادئ الديكارتية ونتائج التشتت. وانضم في النهاية الى فرضية الانتشار النهائي للضوء. وسوف نعود الى نظريته حول الالوان، وهي القسم الرئيسي من عمله.

ظاهرات الانكسار ونظريات الاثير المرتجف - حاول الاب بارديز P.Pardies وهوك Hooke وهما معاصران للمبرنش ان يمددا في حياة علم البصريات الذي وضعه غريمالدي فيجعلاه منه نظرية حققة في الاثير.

وكانت تصورات غريمالدي تتركز على وجود ظاهرات الانكسار التي تحقق منها هو بنفسه وادت به تجاربه الى التفكير بان مفهوم الشعاع الضوئي اساس كل البصريات الجيومترية لم يكن يكفي دائماً. فكتب يقول : « يوجد نوع رابع من امتداد الضوء : هو الامتداد عن طريق الانكسار، وهو نوع مختلف عن الانواع الثلاثة المعروفة حتى ذلك الحين ». (الانتشار المباشر، الانعكاس، الانكسار). ويمكن للجسام الكثيفة ان ترد الضوء جاتياً واذاً فان هذا الضوء ينتشر في زمن متناهٍ اثماً بشكل غير مرئي ولهذا يصعب تحريفه او تحويله عن خطه.

والضوء جسم مختلف عن المادة لا في لطافته فقط بل في تولده. انه يشبه الصوت، وهو يحدث بفعل اضطراب جوهر ما بشكل وتيري ايقاعي. واذا فان بصريات غريمالدي تنحون نحو نظرية الاثير. كتب يقول : « الضوء هو مائع يتحرك بسرعة كلية وبشكل ارتجاجي احياناً عبر الاجسام الشفافة ».

وبعد غريمالدي اصبحت نظريات الاثير اكثر مادية واكثر وضوحاً، بحيث اقترنت من نظريات ديكارت بهذا المعنى. واصالتها تقوم على تفسير الحركة التي تحمي الوسيط المادي. هذه الحركة التي بقيت عند ديكارت بشكل تيار اصبحت مع مالبرنش وغريمالدي ارتجاجاً حقاً ولكن اسلوب انتشارها بقي مبهماً نوعاً ما.

واعترف هوك Hooke مثل ديكارت بحقيقتين اوليتين: المادة والحركة. وهاتان الحقيقتان لا

تقترنان على اساس جوهر وصفة : فهما في الاساس من نفس الطبيعة ويمكن ان نحل احدهما مكان الاخرى. وهذا التصور المدهش في اصلته في تلك الحقبة لا يمكن ان يكون الا بالون اختبار. رغم انه مال بفيزياء هوك نحو نتيجتين اساسيتين :

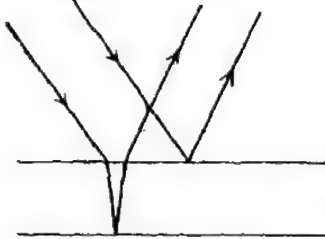
اولاً ان الاثير الضوئي غير المادي الذي قال به غريمالدي قد حل محله مائع مادي. وفي المقام الثاني ارتكز التمييز بين المادة والضوء على الفارق بين الارتجاجات أو التموجات التي تتميز بها جسيماتها.

وهذه الفكرة مليئة بالوعود تجاه نظريتنا الحديثة التي يراد لها ان تقول اشياء كثيرة. وقد كان ينقص هوك تعريف سليم للطاقة الحركية (كما حققها فعلاً هويجين) واكثر من ذلك كانت تنقصه فكرة وجود « كم » من العمل Quantum، وطول موجة لتفسير الرابط بين الارتجاج والجزئيات المادية. ولم يدخل هوك اية فكرة تصورية للجسيمات. وفي نظره تعتبر المادة والضوء مجرد مظهرين قد يتردبهما الحركة الارتجاجية .

ان الصفة التموجية لانتشار الضوء تسبب بها زعزعة المكان. هذه الزعزعة تنتشر بواسطة نبضات موحدة ، عامودية على اتجاه الانتشار . وهذه الفرضية سوف تصبح على يد فرنل Fresnel اساس النظريات التارجحية أو التموجية في الضوء .

ويفسر الانعكاس والانكسار والتلون بعدم تساوي توجه الارتجاجات في الاجسام الشفافة. وهنا تبدو نظرية هوك ادنى مستوى من تفسيرات هويجين. فضلاً عن ذلك يقول هوك بالانتشار الاثني للظواهر الضوئية ، وظل لمدة طويلة يعارض نيوتن بنظرية للألوان خاطئة الاساس.

وترتكز نظريته حول الانكسار المزدوج على فرضية عدم التناظر في الحركة الارتجاجية للضوء . ان الشعاع الضوئي في نظره له وجهان منها ان الارتجاجات تتم بحسب اتجاهين متناقضين. يقابل هذه الثنائية بالارتجاجات، تفكك الشعاع بواسطة التبلر وايضاً بوجود لونين اساسيين في تفكك النور الأبيض. ويفسر تلون الرقائق بتحليل عقلي هو مزيج غريب من تصورات شبه حديثة ومن افكار عتيقة بالية (صورة رقم 24) .



صورة 24 - الانعكاس والانكسار على رقاقة

ان اجتياز الرقاقة يعوق الشعاع المنعكس على الوجه الخلفي ويضعفه بذات الوقت. اما الشعاع الذي يعكسه الوجه الامامي فيبقى اكثر زخماً ، وبعد الاندماج الجديد بين هذين الشعاعين، يسير القسم القوي اي الأكثر زخماً في الطليعة. واذا كانت العين لا تلاحظ هذا الفارق الزمني، عندئذ يشعر الناظر بوجود شعاع وحيد قسمه القوي هو الأول، مما يعطي اللون الأحمر، بحكم التعريف. واذا كان الفرق محسوساً، لا يلتبس الشعاع الضعيف مع الشعاع الزخيم الذي يسبقه بل مع الشعاع الذي يليه، والمعكوس لاحقاً من قبل الوجه الاول. وعندئذ يشعر الناظر بوجود شعاع وحيد يكون الجزء الضعيف

فيه هو الاول وهذا يعطى تعريف او تسمية اللون الازرق. هذه النظرية الفيزيولوجية في التلوين فيها خطأ خطير انها ليست كميائية. اذ هنا ايضا سوف تشكل نظرية نيوتن تقدماً كبيراً. والى جانب النواقص الاكيلة، تقدم نظرية هوك بغض المستجدات التي تجعل من مؤلفها سابقاً بحق. وليست نظريته حول الارتجاجات الاعراضية اقل فضائله، رغم أنه لم يشبه بوجودها، ويمكن الظن أيضاً أن اثر هوك، الأقل وضوحاً من أثر هويجن، والمعروف بأنه دعامة الارتجاجات، هذا الاثر يقترب أكثر ربحاً من المفاهيم الحديثة التي سبقت بصورة مباشرة « النسبية المحصورة ».

ونظرية هويجن لما علاقات عديدة مع نظرية الاب بارديز P.Pardies ومع نظرية هوك، وهذا ما تفسره، أيضاً، الانصالات الكثيرة بين هذين الفيزيائيين ..

كتب هويجن في مطلع كتابه « الضوء » (1690): « يقوم الضوء على حركة المادة الموجودة بيننا وبين الجسم المضيء ». وأوضح فيما بعد ان الضوء يشبه الصوت ويتنشر في اثير هو بالضرورة مادي لانه يحرك جواهر اخرى مادية. ولكن هذا الاثر لا يقذف كما تقذف الطابة. انه مركز حركات ارتجاجية حقة.

واهتم هويجن بعدها بتحديد بنية الاثر، على مهل وبخفة، فافترضه مركباً من جزئيات صغيرة صلبة وذات تجاوب سريع جداً، هذه المرونة بالذات سببها وجود وسط ثان محتمل اكثر لطافة، جزئياته المتحركة بسرعة قوية تحتاز المكان او الوسط الاول فتعطي هذه الصفة. في هذا الحرج في التفسير الوضعي، يلحظ تأثير ديكارت. انما نلاحظ غياب المسام والقنوات: ان هذه المادة الاثرية عملاً فراغات المادة العادية التي مظهرها وحده هو المتتالي والمستمر.

تطبق على كل خزينة من الاثر قوانين القرع او الصدم. فكل نقاط بي موجة قد تكون مقاماً لزعة جديدة. وغطاؤها يشكل سطحاً لموجة من شأنها ان تنتشر حتى اللانهاية.

وبالاستعانة بفرضية التموجات، بين هويجن قوانين الانعكاس، والانكسار والانكسار المزدوج. وانتشر الضوء عموماً، بموجات كروية، انما بسرعات متنوعة في وسطين مختلفين. وهذه الواقعة تكفي لتحديد شعاع الانتشار وقانون السيونسات بواسطة بناء معروف تماماً. ويتج الانكسار غير العادي الذي يحدث في بعض البلورات عن انتشار بشكل موجات بيضاوية.

وحققت النظرية التموجية، نظرية هويجن، الاكثر تفصيلاً والاكثر كميائية من نظرية هوك، اكرر حققت، من عدة اوجه، تحسناً واضحاً، فقد عرف هويجن كيف يتغذى بعض الاغلاط، مثل الانتشار الآني: وبدت تجربة رومر تأكيداً عملياً على الخاصية التموجية:

« إذا اقتضى الضوء وقتاً لمروده، فينتج عن ذلك أن تكون هذه (الحركة المفروضة على المادة متتالية وبالنتيجة فإنها تمتد مثل حركة الصوت، بشكل سطوح وبشكل موجات كروية ».

الا ان فكرة التذبذبات العمودية على اتجاه الانتشار ظلت غريبة على هويجن الذي رأى ان

جزئيات الاثير تتأرجح باتجاه الشعاع . واذا كان هو الاول السابق بالاشارة الى ظاهرة التعميم بواسطة بلورتين متاليتين من التبلر Spath فانه لم يشرح هذه الظاهرة .

ان مثل هذه التفصيلات هي التي ارادت نظرية الاب آنجر P.Ango توضيحها، مستوحية مفاهيم الاب بارديز P.Pardies . ان منشأ الضوء يقوم على حركة ارتجاجية ذاتية تخص طبيعة الاهل او المنبع . والتكثيفات والتمددات، في المنبع، تنتقل فيما بعد بواسطة الجوهر الاثيري، بشكل تموجات تغذيها دقات المنبع .

انها اضطرابات متالية تشبه التجددات؛ وهي تتم بدون نقل مواد. هذا الموجز يدل كم هي هذه الافكار قريبة من افكار هويجن . والاثير، الذي لم يوضح الاب بارديز P.Pardies طبيعته، يعتبر حتماً كوسط مادي لانه قادر على نقل ارتجاجاته الى الهواء . ورغم الفرضيات الاكثر توضيحاً وتفصيلاً حول طبيعة الاثير، لم يقبل هويجن يمثل هذا الوضوح هذا التبادل للحركات بين وسط لطيف ووسط مادي .

ان اعمال الاب بارديز P.Pardies وهوك Hooke وهويجن Huygens وحتى اعمال مالبرانش Malebranche، هي تقريباً متزامنة لتجارب نيوتن ولاهم نشراته . وتصادمهم الذي كثيراً ما كان عاصفاً مع النظرية النيوتنية، سوف يميز حقبة حاسمة في توجيه علم البصريات .

البصريات النيوتنية وتشتت الضوء - لا ينفصل علم البصريات عند نيوتن عن تجاربه حول التشتت . « ان قصدي من هذا الكتاب (صرح بذلك في مطلع « كتاب الاوبتيك ») ليس تفسير خصائص الضوء بالنظريات بل عرضها فجة لكي اثبتها فيما بعد بالتحليل العقلي وبالتجارب » (كتاب اوبتيكا ترجمة كوست Coste، ط2، فرنسية، 1722، ص1) .

لا شك ان الموقف الذي اعتمدته نيوتن لا ينتج في قسم منه عن تيارات في عصره . كان نيوتن يجتهد دائماً، ميدانياً على الاقل، ان يضع بصرياته. بمنأى عن التصور الكيفي او غير الكامل . ولكنه، وبمبادرة دائمة تقريباً، كان يعود الى مناقشة فرضيات من هذا النوع .

لقد كانت ظاهرة التشتت معروفة قبل نيوتن، ولكنها كانت تفسر كتغير عرضي حاصل بفعل ضمة مضیئة . كان الظن سائداً، ان الزجاج، بيريقه، يمكن ان يشيع تلويناً في الشعاع . وقد كان لنيوتن الفضل في طرح المسألة بشكل عدد تماماً : في كل درجة من درجات الانكسارية هناك شعاع ملائم ذلون مختلف . وبالمقابل، ان الشعاع من لون « صاف » - يحتفظ بلونه بعد اجتيازه الموشور . تلك هي الوقائع . وكل شيء يحصل كما لو لم تكن الالوان مكتسبة عبر العملية بل موجودة في ضمة الضوء الابيض . وتكون مهمة الموشور ابرازها .

ما هو الضوء اذن ؟ في مداخلة بتاريخ 8 شباط 1672 امام « الجمعية الملكية » اعتبره نيوتن كحقيقة جوهرية وأعطاه بنية جسيمية . وهذه المزاعم ترتكز على اسباب مأخوذة من نظريته حول الالوان، ولكن قوتها الاقتناعية ذات منشأ مدهش نوعاً ما .

يفترض نيوتن : لما كانت الالوان صفات ضوئية فمن الواجب ان يكون الضوء جوهراً لا عرضاً (صفة) . اذ لا يمكن تصور صفة لصفة (عرض لعرض) ، ان اللون يقترن بالجواهر الضوء مثل ما تربط الصفات الميكانيكية بالمادة . ومن جهة اخرى ان الصفة (العرض) هي دائماً بسيطة ، فلا يمكن ان تنبثق عنها صفة اخرى بالتركيب .

وبعد تجميع الصفات المختلفة المتواجدة بدون ان يحطم بعضها بعضاً ، فان الضوء يبدو لنا كحقيقة جوهريّة . فالى اي حد يختلف الضوء عن المادة ؟ هنا يبدو نيوتن اقل وضوحاً .

يقول : « نحن متأكدون ان الضوء هو جوهر » ولكن « من الصعب تحديد ماهية هذا الجوهر ، بيقين » ثم يضيف : « لا اريد أن اخلط ما هو اكيد بما هو غير اكيد . »

وجلبت له (لنيوتن) مداخلته في سنة 1672 سلسلة من الانتقادات اشهرها انتقادات هوك وهويجن ، التي سوف نعود اليها . وتاذى نيوتن فامتنع وتحفظ تحفظاً شديداً حول طبيعة الضوء .

كتب يقول : « ان المبحث الى ان الضوء هو جسم ، فاني لا اؤكدته متيقناً . » ثم تابع : « اعرف تماماً ان خصائص الضوء يمكن ان تفهم لا عن طريق الفرضية التي تعزى الي ، فقط ، بل عن طرق شتى اخرى كثيرة . ولهذا فقد قررت تفاديها كلها . »

التداخل ونظرية الوصول - من جهة اخرى ، كانت ظاهرات تلوين الرقائق معروفة يومئذ . وقد درس نيوتن صفات الحلقات الشهيرة التي تحمل اسمه بعد ان اجري اولاً تجارب بواسطة موشورين غير موصولين تماماً ، وضع فيا بعد عدسة « مسطحة محدودية » على صفيحة زجاج . وهكذا حصر شريحة هواء سمكتها ، المتنوعة ، تزايد حول الاطراف : وكل حلقة تداخلية تحدث بواسطة الاشعة التي تحتاز نفس السماكة من الهواء .

كيف يمكن للنظرية الجسيمية عند نيوتن ان تنجح في تفسير ظاهرة تبدو لنا الآن ، مرتبطة بصورة اساسية بالخصائص التوجيهية للضوء ؟ بادخال الدورية ، دورية من غط آخر عند اجتياز الجسيم . ان هذا الجسيم ، طيلة مساره ، يمتلك على التوالي « مراض » سهلة النقل « ومراض » سهلة الانعكاس . وهذه القدرات تحدث بصورة دورية ، وطول « القدرة » دائماً ثابت بالنسبة الى لون محدد .

« والسبب الذي يجعل سطوح الاجسام الشفافة السميكة ، تعكس قسماً من الضوء الذي يسقط على هذه الاجسام ويترك غيرها هو ان بعض الاشعة تتواجد في « مراض » سهلة الانعكاس في حين ان الاخريات ذات مراض سهلة النقل . »

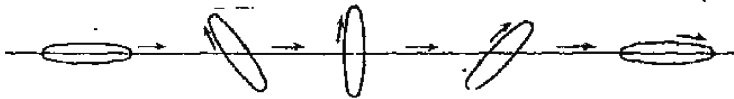
ويتدخل تفسير مماثل من اجل تلوين الشفرات الرقيقة . نفترض ان المسافة بين الشفرتين هي بحيث ان المريض نفسه يحدث عند خروجه من الشفرة الاولى ومن الشفرة الثانية . كل شعاع تنقله الشفرة الاولى (اي ضمن مريض سهل النقل) سوف يكون كذلك ايضاً بفعل الثانية . ان اياً من هذه الاشعة لا يصل الى العين التي ترى فوق هذه الشفرة ، منطقة مظلمة . وبالعكس اذا كانت المسافة بين

الشفرتين بحيث يتغير المربض، فإن كل شعاع منقول من قبل الشفرة الاولى سوف ينعكس بالثانية ويصل الى العين. فترى هذه بقعة لامعة ترتسم. وتتعاقب اذن مناطق مضيئة ومناطق مظلمة بصورة دورية. وهكذا تدخل نظرية المرايض تناوباً في الحالات لا في الحركات.

وتبت احداث الحلقات، بفعل شفرة الهواء ذات السماكة المتغيرة المحصورة بين شفرتين كاسترتين، بفضل استعمال الزاوية الهوائية المتكونة بين قسم من الكرة والسطح الذي هو مركزها معدات تسمى «حلقات نيوتن». وبين نيوتن ان أشعة الحلقات المتتالية، تزايد مثل الجذر التربيعي لرقم ترتيبها. فالحلقة n يكون شعاعها $(r_n = K \sqrt{n})$. وان وضع موشور بين هذه المعدات والناظر، يلاحظ التفكك الى نظام من الحلقات الوحيدة التلون Monochromatique، انظمة مفصول بعضها عن بعض.

يقول : « وبين كل المقترحات المعروضة اعلاه لا يوجد اي مقترح تحوطه ظروف كثيرة الغرابة » (كتاب اوبتيكا، ترجمة كوست Coste ط2 فرنسية ص 273)

ما هي اسباب هذه الدورية ؟ - لان نيوتن لا يستطيع ان يخفي تحت اسم « مربض » ارادة داخلية او قدرة سرية للتوصل إلى أشياء أخرى أيضاً .
ان المرايض قد تتكون بعدم تناظر في الشكل او في صفات الجسيمات المضيئة. وهذا قد يكون نوعاً من المغنطة او حتى تناظراً بالنسبة الى المحور. ونرى ان حركة جسيم اسطواني (ellipsoidal) (مثلاً بشكل سيكار) مزود بأن واحد بحركات دوران ونقل يمكن ان يحدث تناوبات على طول المسار (صورة 25) :



(صورة 25) - تفسير ممكن لنظرية المرايض لنيوتن.

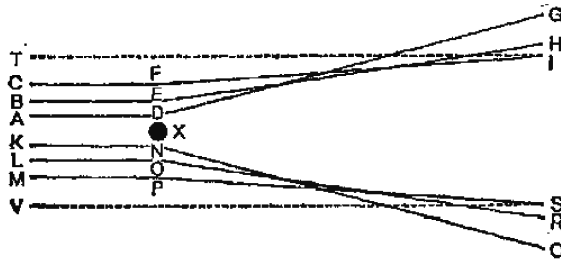
يمكن الظن أيضاً ان الجسيمات المضيئة تحدث تفاعلات متبادلة فيما بينها. هذه القوى التي قد تكون تجاذباً تحدث ارتجافات اوذبذبات من شأنها ان تستيق الجسيمات او تزيد او تنقص من سرعتها. وبافتراض هذا التأويل الثاني، تدخل تأثيراً يلعب دوراً حتماً ثانوياً بالنسبة الى دور الجسيمات المضيئة، ولكنه دور محتوم في كل حال.

ومهما كانت نظرية المرايض ذكية بارعة فانها لا تنجح في قهر البرهان التجريبي. وهي اذا طبقت على تلوين الشفرات الرقيقة فانها لا تدخل في الشفرة الثانية الا سلوك الاشعة التي نجحت في اجتياز الشفرة الاولى. ولكنه من الممكن فعلاً الغاء الانعكاسات على الشفرة الاولى باستعمال الضوء المستقطب. وسنداً لنظرية المرايض، لا شيء يجب ان يتغير. والواقع ان الحلقات نزول. واذاً يجب تفسير تكوين الحلقات بضم الاشعة المعكوسة من قبل هذه الشفرة او تلك. وهذا ما تفسره نظرية التداخل Interférences.

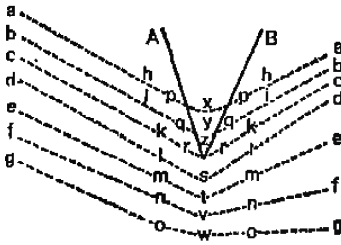
الانكسار أو الالتواء - كرر نيوتن تجربات غريمالدي Grimaldi حول ظاهرات الانكسار أو الانحراف وأضعاً بين مصدر الضوء والشاشة حواجز مفككة . فلاحظ أيضاً ظاهرات محدثة بفعل وجود شق رفيع ذي عرض يمكن التحكم به .

ومع ذلك ورغم هذه النتائج الاكيدة لم يعترف نيوتن بظاهرات الانكسار . هذا النموذج الرابع من الانتشار المتميز عن الانعكاس وعن الانحراف وكذلك عن الانتشار المستقيم . وفي نظر نيوتن يتعلق الامر بالتواء الضوء ، الذي يتميز بفعل انعكاس انكسار او ارتداد او بفعل انجذاب .

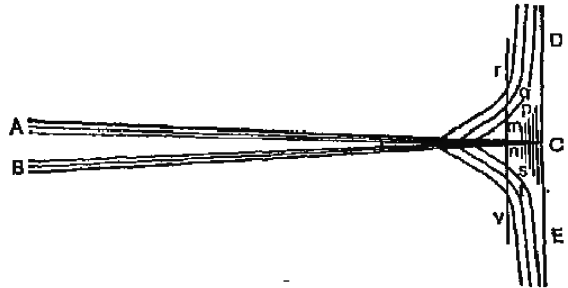
وان نحن وضعنا خيطاً رفيعاً في مسار ضيقة ضوئية فان الاشعة تنعكس على الجوار جوار الحاجز ، معطية توزيعاً للضوء في منطقة الظل الهندسي (صورة 26) . ويجوار حد الموشور تحرف الاشعة ايضاً نحو قاعدة الموشور (صورة 27) . واخيراً عند اجتياز الشق الضيق يعمل الجذب غير المتساوي الذي يصيب الاشعة من قبل طرفي الشق على ليها نحو منطقة الظل الجيومترى (صورة 28) .



انحراف بواسطة خيط (صورة 26)



انحراف بواسطة موشور (صورة 27)



انحراف بواسطة شق (صورة 28)

الانكسار المزدوج - كان نيوتن على علم جيد بتجارب بارتولين Bartholine وهو يحن Huygens حول انحراف الضوء بواسطة بلورة اسلندا Islande . واذا كان الانعكاس والانحراف

باتيان عن ترتيبات معينة في نقطة الانعكاس، فان الانحراف المزدوج يدل على تزايد في هذه التركيبات الممكنة. ويمكن تخيل ان الجسيمات الضوئية تشبه مغناطيسات صغيرة في مواجهة لا تناظرية البلور.

النظرية الجسيمية. ووجود الاثير - تبدو مبادئ نيوتن الاولى وكأنها حتماً جسيمية. وحتى سنة 1671 لم تظهر كلمة اثير في كتاباته. ولكن الجدل الذي قام به مع هوك وجه فكره نحو فرضية الاثير وحوله بذات الوقت عن اعتمادها بدون تحفظات.

وتحت تأثير أفكار نيوتن اضطر هوك إلى تغيير نظريته حول الذبذبات الاثيرية. ويقبوله بالعلاقة بين اللون والانكسار، ورفض تكوين الضوء بواسطة اندماج لونين اساسيين، لم يعد يستطيع اعطاء الشعاع الضوئي جانبيين او جهتين. واذا لا يد من افتراض تغير في بنية الشعاع الداخلية، فمن اجل تفسير تعددية الالوان وهكذا اضطر هوك Hooke الى ربط تلون الشعاع بضخامة ذبذبات الاثير.

وفي نفس هذه السنة 1675 - نشر نيوتن نظريته حول الضوء بالالوان. وفرح بتنازلات هوك Hooke أمام افكاره هو. ثم طور نظرية الموجات الاثيرية التي تنم عن تنازلات من جهته.

من حيث المبدأ لم تكن هذه النظرية موجهة الا للعب دور الصور داخل نص غامض. ورغم ذلك فقد ظلت ذات دلالة: ان الضوء هو دائماً انبثاق صادر عن أجسام ملتفة. ولكن هذه الجسيمات لها القدرة على رجرجة الاثير واحداث ذبذبات دورية تنتشر في هذا الوسط.

ان انقلاب نيوتن الجزئي ورجوعه الى نظريات الاثير تعزى الى ثلاثة اسباب رئيسية:

في المقام الاول بدت نظرية المداخل تتطلب الانتقال من فعل يعكس على حركة الجزئيات الضوئية، ويمكن ان تغيرها. وهذا الانتقال يحتاج إلى وجود اثير.

ومن جهة اخرى تبدو ظاهرات الانكسار ذات اثر على الشاشة، من بعيد. ويذكر هذا الفصل القادر على التأثير في مسار الاشعة الضوئية، بأعمال صورية ولا يمكن ان يتشر بدون وجود وسط.

واخيراً كان نيوتن مقتنعاً بأهمية فكرة الاثير في الميكانيك السماوي. ولهذا لم تكن امكانية العثور على ارض مشتركة بين البصريات والجذب الكوني غريبة على تطوره.

يتساءل نيوتن في كتابه « مسائل ابصارية » إذا لم يكن هناك مائثلة بين المادة والاثير، كما يتساءل هل من الممكن تصور امكانية تحولات متناظرة. ومهما يكن من امر لا يمكن للاثير ان تكون له خصائص الوسط الذي يقول به ديكارت. فللائع الجسدي حتى ولو كان لطيفاً، يترك مجالاً لوجود مقاربات عنيفة. وبحوث نيوتن حول المقاومة في المعادن حملته على الظن بأن الفضاء السماوي يجب ان يكون فارغاً من كل مائع جسدي.

وعلى كل حال يتميز هذا الاثير غير الجسدي بخصائص مربوطة بشكل ضيق بالمادة المقرون بها.

وهذه الخصائص تختلف بحسب ما اذا كان هذا الاثير حرراً او داخلاً في اجسام، وربما ايضاً بحسب الاجسام التي تحويه. ولهذا فان القدرة الانكسارية تختلف باختلاف الزخم وباختلاف طبيعة الاجسام .

وعلى الرغم من ان الفضاءات السماوية فارغة من اي سائل جسدي فقد اضاف نيوتن بأن هناك استثناء يجب أن يلعب دوراً لصالح الأبخرة الخفيفة جداً ولصالح الأشعة الضوئية . ورغم أن هذه الجملة تبدو استهلاكية فهي تدل بما فيه الكفاية على مدى تطور افكار نيوتن بعد 1671 .

إلا أن هذا التغير لم يجعله ابدأ على تجاوز نظرية مختلطة تجمع الى الجسيمات اثيراً متذبذباً تعمل فيه هذه الجسيمات . وكيس سبب ذلك أن فكرة الاثير ظلت عنده تصوراً سطحياً كما الملح الى ذلك البعض احياناً ، بل انه اي هذا المفهوم بدا له دائماً غير كافٍ بمفرده لدعم البصريات في مجملها . والواقع ان الانتقادات التي وجهها نيوتن الى النظريات الذبذباتية تبدو ضعيفة نوعاً ما :

فالنظرية الذبذباتية الخالصة تبدو له غير متلائمة تماماً مع مبدأ المداخل او المرباض . ويكون من الضروري القول بوجود اثيرين ارتجاجيين . وتنتشر الذبذبات من احدهما بسرعة اكثر وتنتجح في تغير حركة الآخر . ولكن لم يكن هذا المظهر السلبي الذي ادخله هذا التعضيد هو الذي حمل نيوتن على استبعاد النظريات الذبذباتية الخالصة . ويحتفظ تعلقه بنظريات الارسال ، بالكثير من العفوية اما تحفظه فيمكن ان يرد ايضاً الى عدة اسباب :

بالدرجة الاولى تفسر هذه النظرية بشكل طبيعي جداً . انتشار الضوء بخط مستقيم . وفي هذه الحقة بالذات تصور هوك Hooke وجود أشعة عامودية في مواجهة الموجة الكروية . ولكن هذه الحالة هي حالة نظرية خالصة وقد لاحظ نيوتن ان الاضطراب في النمط الهيدروديناميكي ينتشر بصورة استثنائية بخط مستقيم . ان الضوء ينفرط فجأة : ويستنتج : « إن النور وهو ينتشر بخط مستقيم لا يمكن ان يقتصر على فعل الوسط فقط » وهو يحزن اوشك ان ينجح في تفسير الانتشار المستقيم . وكان ينقصه ان يطرح بوضوح مبدأ تحزيب الموجات بفعل تداخلاتها وهذا المبدأ سوف يتيح لليونج Young وفرنيل Fresnel أن يوفقا نهائياً بين الانتشار المستقيم والنظرية التارجمية .

ومن جهة اخرى، حملت التجارب الميكانيكية، نيوتن نحو الفرضيات الذرية. اذا كان الضوء مؤلفاً من جسيمات مادية فان قوانين الديناميك، وخاصة قانون الجمود، تطبق مباشرة وتؤدي الى تفسير بسيط للخصائص الاكثر تأكيداً في الضوء.

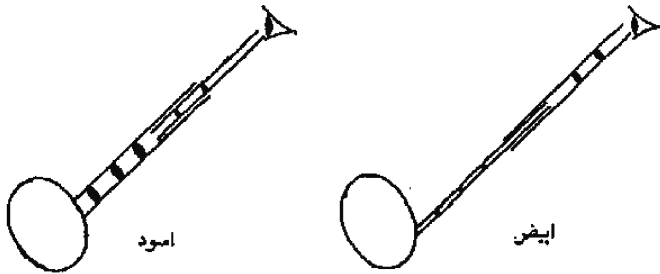
واخيراً ان الاسباب السيكلوجية التي لا تهمل، حملت نيوتن على التضامن بصورة رسمية مع النظريات الجسيمية : وبدا هوك Hooke الممثل الاكثر اهلية، الرسمي، لنظرية الاثير. ودوغماتية هوك. وطموحه الى احتكار ابرة نظرية للذبذبات، كل ذلك حمل نيوتن على الاحتفاظ بعنصر مادي لم يكن هوك يرى، ضرورة له .

وحده فقط التطور الفلسفي لفكره سمح بالظن، تخميناً بان نيوتن يفضل نظرية مختلطة. لا شك

أن اسباباً تكتيكية، واسباب حذر، قد تكون قد دفعته على سلوك سياسة مهادنة آتية، او ربما تمنع. ولكن هذه السياسة ربما كان دافعها الضناعة العميقة بأن اختيار الفرضيات، المفيد أحياناً، هو في أغلب الأحيان، لا يؤبه له. ان جوهر كل ظاهرة هو اسلوب انتشارها. قال بهذا الشأن « لا يمكننا ان نعرف هل النور هو قذف لاجسام صغيرة جداً ام انه ليس الا حركة مجردة، او نوعاً من القوة التي تنتشر». ولهذا كان ل. بلوش L.Bloch على حق، وإلى حد بعيد جداً، حين زعم ان نظرية نيوتن يجب ان تكون مختلطة لانها تريد ان تبقى انجائية.

III - نظريات الألوان

نظريات الألوان في اواخر القرن 16 - ترتبط الاجسام بالمظهر المحسوس للضوء. ولهذا كانت مطلق نظرية حول الضوء، دائماً، وإلى حد ما، نظرية حول الألوان، ولكن التلوينات تبدو أيضاً وكأنها تساهم في شكل تكوين الاشياء المادية. ولهذا فقد اعتبرت الألوان عموماً كظاهرة اقل نقاء، واقل بساطة من الضوء.



(صورة 29) - تكون الاسود والابيض بحسب نظرية افلاطون.

شرح افلاطون تشكل اللون الاسود والابيض والالوان المختلفة في الظروف المختلفة التي تسود التقاء تيارين : النار البصرية الظاهرة من العين والجسيمات الصادرة عن الاشياء. فاذا كانت الجزيئات الصادرة عن الاشياء كبيرة نوعاً ما، تتوصل النار البصرية الى تقسيمها، وعندئذ يحصل الاحسام بالاسود. وبالعكس اذا كانت النار البصرية محطمة بالجزيئات الصغيرة جداً، نحس بالابيض. وهذه الظاهرة اذا تابعت حتى تصل الى مستوى العين فانها تولد الشرارة او اللعة. ولكن هذا التفاعل اللامع قد يخف حين يتصل برطوبة العين وعندها يحدث الشعور بالاحمر. اما المذهب والرمادي والاخضر... فيحصل بخلط متنوعة بين هذه المقاعيل الاولى. ويستطرد افلاطون : وبالنسبة الى الالوان الاخرى نرى الى اي امزجة يجب تشبيهها حتى نحافظ على صحة اقوالنا. ولكن محاولة وضعها موضع رقابة التجربة، تعني تجاهل الفوارق بين ما هو بشوي وما هو آلي في الطبيعة، لان الله لكي يجمع الكثرة في الوحدة يمتلك المعرفة والقلرة. في حين انه لا يوجد بين البشر من يستطيع هذه العملية لا الان ولا في المستقبل. (تيمي Timée).

« وبالنسبة الى نظرية ديموقريط، تشير الى الاهمية المعطاة للنار البشرية التي تتيح التأكيد بأن كل لون ليس، لا ما هو مقذوف ولا ما هو قاذف بل ما هو حاصل في الفترة بين الاول والثاني، وهذا ما يحصل لكل انسان بمفرده » (تيتيت) Théétète .

وبوجه مختلف نوعاً ما وضع ارسطو تفسيراً للالوان . انها خلاط او مزائج بنسب مختلفة من النور والظلام . فالنور الزخم والظل اذا تعاقبا يحدثان الالوان الحمراء . وأخيراً ان الظل الكثيف والضوء الخفيف ينتجان البنفسجي . وهذان اللونان اساسيان . وانطلاقاً منها نحصل على كل الالوان الاخرى اما بالمزيج واما بالتفريق او المقارنة .

ولم يحدث اي تغيير اساسي حتى عصر النهضة ، على هذه النظرية . رغم ان ظاهرة تشتت الالوان بواسطة الموشور معروفة منذ القديم . حتى ان سينيقي Sénèque قد شبهها بحدوث الالوان الظاهرة في قوس قزح . ولكن في القرون الوسطى بدا تفكيك الالوان بواسطة الموشور تأييداً مرضياً لافكار ارسطو : فالضوء المنحرف فوق زاوية الموشور يجتاز سماكة من الزجاج اقل ضخامة من الضوء المنحرف لجهة قاعدة الموشور . واذا يوجد ظل اكثر ونور اقل من ناحية القاعدة ، وهذا يتوافق مع تعريف اللون البنفسجي . ظل اقل وضوء اكثر من ناحية قمة الموشور يحدث اللون الاحمر بحسب تصورات ارسطو .

الاراء السابقة على ديكارت حول طبيعة الالوان - جرت محاولة دحض نظرية ارسطو حول الالوان سنة 1617، من قبل اليسوعي غاليتماريسكوتي Galetto Mariscotti . فقد بين ان ليس اجتياز الموشور هو الذي يحدث التلوين بل الانحراف الذي يصيب الاشعة . واذا كانت الاشعة تجتاز الموشور بصورة طبيعية فلا يلحظ اي تلوين . ومن جهة اخرى ليس الشعاع الاكثر نقاءاً ، وهو الاصفر ، الشعاع الاقرب الى ذروة الموشور كما تدل على ذلك النظرية الارسطية ، بل الشعاع الوسط : واذا فهو يجتاز كمية من الزجاج اكبر من الكمية التي يجتازها الاحمر ، فيحصل من ذلك انه يكتسب ظلمة اكبر ، وهذا ما يدحض نظرية ارسطو .

وبالرغم من هذه الاعتراضات ، حاول بارو Barrow في سنة 1674 ان يكمل افكار ارسطو . فالاسود يحدث بامتصاص كامل للضوء . اما الالوان وهي مزيج من الظل والضوء فتقوم على انها انعكاسات متعددة تفصل بينها الامتصاصات . وكلما زادت هذه الامتصاصات كلما تحرك اللون نحو البنفسجي .

النظريات الديكارتية . الوان وذبذبات - في هذه الفترة اخذت النظريات الخلوية والحركية التي جاء بها ديكارت محل محمل مبادئ الفيزياء المدرسية . وساد الاعتقاد بان الضوء ينتقل كالضغط الواقع على جسيمات في وسط لطيف وسيط . وفي مسام الاجسام الارضية تدور هذه الجسيمات وتغزل . وسرعة دورانها تعادل تقريباً سرعة تنقلها بخط مستقيم . ولكن فوق سطح الاجسام اي عند حدود الفصل بين الظلام والضوء تحرم الخلايا اللطيفة من جاراتها . فتتلقى اذاً ضغطاً وحيد الطرف ، وبحسب اتجاه دورانها تصبح سرعة الغزل أكبر وأصغر من الانتقال ويكون التلوين مظهراً يحدثه فرق

السرعة. ويتنقل التلوين من الاحمر الى الاصفر الى القرمزي. ان الالوان ليست شيئاً آخر في الاجسام الملونة، غير الاشكال المختلفة التي تنقل بها هذه الاجسام الحركة الى اعيننا .

وكانت النظريات الديكارتية، العارية من كل اساس تجريبي كمي متهافة، ويزداد تهافتها كلما كانت تفصيلاتها اكبر واعمق. ولم يخف بويل Boyle حذره من هذا النوع من التفسير. واقترح الاب بارديز P.Pardies نظرية قد تبدو تسوية بين مبادئ ارسطو والاراء الديكارتية الجديدة. فهو مثل ارسطو ومثل بارو Barrow يقول بلونين اساسيين : الابيض ويتج عن الانعكاسات فوق الاجزاء المدورة من الاجسام، والاسود ويحدث بفعل الامتصاصات في الاجسام الجوفاء . اما الالوان الاخرى فهي مزائج . وهذه المزائج تتكون بعد خضات متتالية في الجوهر الاثيري . وتوصل هذه التمزجات (واليوم نقول تنشر) حركة جانبية ناذجها تفسر فروقات الالوان. وذلك هو حال التقذح الحاصل على يد غريمالدي Grimaldi اثناء تجاربه على الانحراف.

وقد وجدت هذه الافكار الغامضة نوعاً ما تعبيراً صحيحاً عنها في نظرية مالبرنش Malebranche، وهي اول نظرية حديثة في الالوان .

نشرت هذه النظرية سنة 1699 فجاءت تالية للمبادئ الواردة في كتابات نيوتن حول ذات الموضوع. ومع ذلك فقد كان مالبرنش يجهل في تلك الحقبة نظرية نيوتن . فبدا عمل مالبرنش اصيلاً تماماً .

وقد اقترح مالبرنش، معتمداً على الشبه بين الضوء والصوت، اقترح تفسيراً ذكياً لتنوع الالوان .

في الصوتيات تتوافق الذبذبات الواسعة الى حد ما مع الاصوات المختلفة القوة. ومن جهة اخرى هناك ذبذبات متلاصقة الى حد ما تتطابق مع اصوات ذات غنات متنوعة. ولكن ضخامة الذبذبات الضوئية، لا تستطيع ان تؤثر في التلوين، كما هو الحال في الاصوات. ولكن هذه الضخامة تغير فقط في زخم للظاهرة. وللحصول على الالوان المختلفة اي على الاضواء ذات الطبيعة المتنوعة يجب الانطلاق من الذبذبات ذات السرعات المتنوعة وليس من الضخامة. ويقدر ما تتناقص السرعة، تنتقل من الابيض الى الاصفر ثم الى الازرق. والفرق عن الصوت يتأتى من ان الصوت سببه ذبذبات الهواء في حين ان الالوان تتأتى من ذبذبات في اثير لطيف .

« والامر بالنسبة الى الضوء والالوان المختلفة كما هو بالنسبة الى الصوت ومختلف النغم . وضخامة الصوت تتأتى من قوة ذبذبات الهواء العادي، وتنوع النغم يأتي من سرعة هذه الذبذبات بالذات . وقوة الالوان وبهاؤها يأتيان إذاً، وايضاً من قوة الذبذبات، لا في الهواء، بل في المادة اللطيفة واختلاف انواع الالوان من سرعة هذه الذبذبات بالذات » . وتجعل النظرية الاولى، نظرية مالبرنش من الابيض لوناً كبقية الالوان. وفي سنة 1712 عندما اطلع مالبرنش على اعمال نيوتن غير نظريته. فاصبح لكل لون سرعة خاصة في الذبذبات. والبياض هو تراكم في هذه السرعات المختلفة. وهكذا اصبح الاتفاق مع افكار نيوتن محققاً تماماً . وعلى كل حمل تشبيه الضوء بالصوت ، تشبيهاً أدى

بالمبرنش الى تفسيرات ذكية جداً ، حمله على القول بوجود سبعة ألوان أساسية . ان الذبذبات هي ارقام قابلة للقياس كما هو الحال في أهم الفرجات الموسيقية . وهذا التصور هو الذي اعتمدته نيوتن أولاً . ومهما يكن من أمر فالشعاع ذو الذبذبات الأسرع ، اي البنفسجي يجب ان يكون الأكثر تحوّلًا في الموشور ، وهذا ما ايدته نظرية التشتت .

وبعد موت مالبرنش نسيت نظريته حول الألوان تقريباً . وقد عاد Euler الى فرضية الترابط بين اللون ووتيرة الاشعاع ، دون ان يأتي على ذكر مالبرنش . وبذات الوقت ظهرت نظرية هوك Hooke الذبذباتية وكأنها قد تأثرت في التموجات الكبرى في موضوع نشأة الألوان . ففي نظر هوك تنشأ الألوان عن التفاوت في توجه الذبذبات الضوئية عبر الاجسام الشفافة . ولكن ظاهرة الانكسار المزدوج تكشف على عدم تناظر في الحركة الذبذباتية للضوء . ووجود شعاع عادي وشعاع غير عادي بصورة آنية ومتتالية حمله على القول بوجود شعاع ضوئي مزود بوجهين متناظرين اي بوجود ذبذبات متعارضة ومستقلة . ولا يوجد اذاً الا لوانان أساسيان مستقلان ، سنداً لهُوك ، وهما الاحمر والازرق .

يقول هويجن ايضاً ، ولاسباب مماثلة ، بوجود لونين متتالين يفترضهما الاصفر والاخضر .

ومع ذلك ، وبعد اشغال نيوتن ، قبل هوك اخيراً بتعدد لا متناه في تنوع الألوان كما قال بترابطها بانكسار معين . كما نادى ، وهو الامين على نظرية ذبذباتية خالصة ، بان تابع اللون الاحمر بعد الازرق مرهون بتوزيع القوة ، اي زخم الذبذبات على طول الشعاع . واذا كان القسم الاقوى - وهو المرتبط عند هوك بزخم الذبذبة - هو الاول ، يحصل الاحمر . وان انتقلت القوة الى الصف الثاني حصل الازرق . والفرق بين ضخامات الذبذبات قد يكون ظاهرياً خالصاً . وهو قد ينتج مثلاً عن الانفصال الخفي بين ذبذبتين مختلفتين واحدة قوية وواحدة ضعيفة . ذلك هو اصل تلوين الشفرات الرقيقة ، كما رأينا .

وباستثناء مالبرنش ، عالج جميع الفيزيائيين ، حتى مجيء نيوتن ، الألوان وكأنها اختلالات جوهريّة او حركية اصاب ضوئاً يفترض انه نقي خالص . ويقوم تفسير التشتت على التفتيش عن كيفية تغيير الموشور لتركيب الضوء وحركته عندما يجتازه . وقد بنيت في هذا السبيل نظريات معقدة جداً . فقد ميز ماريوت Mariotte مثلاً بين ثمانية مبادئ تسود توزيع الألوان في حزمة منحرفة . والتجديد في البصريّات النيوتونية يقوم على الغاء مسألة الضوء النقي واستبداله بمسألة الألوان .

انتاج نيوتن . الألوان النقية وتعقيدات الضوء الابيض - اكد نيوتن ، بعد اعماله حول التشتت ان النور الابيض يتألف من عدد من الألوان النقية التي يمتلك كل منها انعكاسية خاصة . « كل ضوء منسجم له لونه الخاص الذي يتوافق مع درجات انكساره . وهذا اللون لا يمكن ان يتغير لا بالانعكاس ولا بالانحراف » . (كتاب اوبتيك ترجمة فرنسية ، كوست Coste 1720 ، ص 136) .

هذه الألوان المفترضة 7 بدت فيما بعد لا حصر لها . وبعدها اصبح نيوتن يواجه عدداً من المسائل المصنعة : هل توجد الألوان في الظلام ؟ هل هي صفات للاشياء المضاءة ؟ وبدون تردد اكد نيوتن ان الألوان تعود الى الضوء لا الى الاجسام . وبالطبع ان الاشعة الضوئية ليست بذاتها ملونة ولكنها تمتلك

قدرة او استعداداً لخلق احساس بهذا اللون او ذاك .

يقول بهذا المعنى : « ان الأشعة التي تظهر الاشياء حمراء تسميها حمراء . والاشعة التي تظهر الاشياء صفراء او خضراء او زرقاء او بنفسجية نسميها اشعة خضراء او زرقاء او بنفسجية » .

وقد تظهر الالوان بعض الخصائص الذاتية للجسام المضاءة . ولكن هذه الخصائص ليست بذاتها تلوينية .

والاعتراضات على نظرية نيوتن سرعان ما تدفقت . وبعضها كان تجريبياً خالصاً . فقد قيل مثلاً ان خليط الالوان لا يمكن ان يعطي اللون الابيض . وقد قام الاب بارديز P.Pardies بالتجربة ، ولكن فشله جعله يفرض نظرية نيوتن ويعتبرها مجرد فرضية . وبناءً على توجيهات تجريبية من نيوتن ، حصل فيما بعد على نتيجة مرضية .

ومن جهة اخرى وجد هوك انه من المستصعب القول بأن واحد بجوهرية الضوء ، وبوجود عدد لا نهائي من الالوان في داخله . فاذا كانت الالوان موجودة سابقاً في اللون الابيض ، فانه يوجد فيه فقط الالوان الاساسية . ولكن من الممكن ايضاً الظن بحدوث عدد غير محدود منها شرط ان نفترض ان الضوء ليس جوهرأ بل مجموعة من الذبذبات في الاثير . الى هذا الرأي انضم هوك أخيراً .

في بداية اعماله ظل نيوتن اميناً لتصور جسيمى خالص ، فحاول ان يفسر تنوع الالوان بتنوع الجسيمات المضيئة . فافترض أولاً ان الضوء يتألف من جزئيات متناثرة مزودة بانعكاسيات مختلفة . ثم قال بان الفرق بين الجزئيات المضيئة يقوم فقط على تنوع في ضخامتها وان الجزئيات الاصغر تتطابق مع اللون البنفسجي . واذا كان تنوع الالوان مرتبطاً بالاحجام وبالتالي بحجم الجسيمات المضيئة فان الانكسار مرهون بهذا الحجم لان دور الموشور هو ذاته في كل التجارب . وظن نيوتن انه بين بان انحراف الضوء هو ظاهرة جذبية . وقد حصل على قانون السينوسات عندما افترض بان الوسط الانكساري يجذب الجزئيات المضيئة . وهذا الاستنتاج يفترض ، كما هو الحال في اسلوب ديكارت Descartes ، ان سرعة الضوء تزداد مع زيادة ثقل المكان نوعياً . واكثر من ذلك - وهذا امر لم يره ديكارت - لم يكن قانون السينوسات صالحاً الا لان كل ضوء هو وحيد اللون . فمن الطبيعي اذا بالنسبة الى نيوتن ان يفترض ان التشتت مثل الانكسار هو ظاهرة جذبية . وهذه الفرضية تظهر حالاً ما فيها من صعوبات خطيرة . أولاً يجب ان نفترض ان الجسيمات البنفسجية التي هي الاكثر انحرافاً هي ايضاً الاكثر انجذاباً ، وهذا امر غريب ، لانها الاكثر صغراً .

ومن جهة اخرى هناك مجال للظن بان الانحراف والتشتت يجب ان يتناسبا ، لانها يغطيان نفس التفاعلية الانجذابية . وظن نيوتن وهو مجرب على موشورات من الزجاج انه قد تثبت من صحة هذا الحكم . واستنتج منه استحالة الغاء تيه اللون في العدسات وفي الموشورات . ولا يمكن لاجتماع العدسات ، ان هو اقترن بمفعول انحرافي ، اي ان انتج انحرافاً في الشعاع المنبعث ، هذا الاجتماع لا يمكن ان يكون بدون ظلال لوني ، وهكذا دفع نيوتن الى اختراع التلسكوب ذي المرآة لكي يتفادي

النتائج المحتومة في تيهان الالوان . هذا الضلال « ضلال نيوتن » الذي حاربه أولر Euler ، قبل بدون مناقشة بخلاف القسم الاول من القرن الثامن عشر .

وعلى كل ، وبعد 1672 ، لم يستبعد نيوتن مبدأ اثير متذبذب ، وبين ان هذا المفهوم يتوافق مع وجود عدد غير محدود من الالوان . ان جزيئات النظرية المختلطة تحفز ذبذبات الاثير . وبعدها تتوافق صفات الموجة الحاصلة على هذا الشكل مع مختلف الالوان . ولكن الاتساع (لا التواتر كما هو عند مالبرنش) هو الذي يرتبط باللون .

مع مالبرنش ونيوتن تشكلت نظرية حديثة للالوان . وبخلاف القرن 18 كان صحة هذه الاصلاحات المتداخلة تثبت باستمرار . وتميزت الالوان بسلم من الوتائر وكل واحد من المكونات « الوحيدة اللون » Monochromatique تشكل لوناً صافياً . اما تكوين بصريات كميائية ، وبخاصة نظرية رياضية للالوان ، فقد اتاح التأكد بشكل دقيق بطرق سوف تصبح الاكثر دقة في كل الفيزياء ، دقة التصورات القاعدية . وسوف يكون تطور بصريات فرنل Fresnel اثباتاً للمبادئ الموضوعة بوعي من قبل مالبرنش وهويجن ونيوتن ، كما سيكون مبرراً لطرق البصريات الرياضية الجديدة ..

الفصل الخامس :

المغناطيسية والكهرباء

« وبسبب تعطيل قطعة من العنبر بعد حفرها بالصوف لقوانين الجاذبية ، اوجدت الفيزياء قوانين الكهرباء الستاتية . ولان قطعة مغناطيس تسحب الحديد رغماً عن قوانين الجاذبية بالذات ، صاغت الفيزياء ايضاً قوانين المغناطيسية » (الاب ديهيم P. Duhem) .

من المعلوم ان طاليس Thalès (القرن السادس قبل المسيح) في الغرب هو الذي يعود اليه الفضل الاول في الانتباه الى هذه الشذوذات على قواعد الجاذبية ، او على الاقل جذب الانتباه اليها . ومضت قرون بعده ولم يضاف احد شيئاً ايجابياً على المعرفة بظواهرات الكهرباء والمغناطيسية .

وللمخروج من هذا الجمود ، حدث امرٌ وجاء رجل :

اما الحدث فهو انتشار اكتشاف في الغرب في أواخر القرن الثاني عشر ، بيدوان الصينيين عرفوه في مطلع العصر المسيحي هو اكتشاف البوصلة (1) . والقدرة النظرية للخاصية المدهشة التي يتسم بها المغناطيس الذي هو في اساس البوصلة ، هذه القدرة النظرية تعادل الخاصية العملية التطبيقية . ونورد حرفياً ما قاله مؤلف في القرن السابع عشر هو وليم بارلو William Barlow ، بشكل مبالغ تقريباً انما موج :

هذه الخاصية « . . هي المصدر الحقيقي لكل علم المغناطيس ، بحيث انه لو عرفت عن المغناطيس صفات اخرى قبل ذلك ، فان اسبابها كانت ستظل مجهولة تماماً ولم تكن لتكتشف قبل ذلك » .

والرجل الذي استفاد من هذا المصدر ، الذي لم يكن علم المغناطيسية بل العناصر الاولى لهذا العلم هو الراهب من البيكاردي بيار ماري كور(2) Picard Pierre de Maricourt . في كتابه القصير حول المغناطيس ، والموجه الى شخص اسمه سيغرفوكوكور Syger de Foucaucourt (ابستولا

(1) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصلين الرابع والثامن .

(2) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل الثامن .

بريسريني . . 1269. Epistola Petri Peregrini («يزاوج» بيار ماري كور Pierre de Maricourt بين المغناطيسية وعلم الفلك، بين التجربة المغناطيسية والعقلانية الفلكية. ويرى في الحجر الممغنط الذي يتجه باتجاه محور السماء أو باتجاه كرة الثوابت، «المثيل» لهذه الكرة وحدد عملياً، على الحجر الممغنط وجود قطبين ووجود محور يجمع بينهما، وهذان القطبان يمثلان القطبين في الكرة السماوية والمحور الذي حوله تدور. وهكذا بعد ان حدد بنية المغناطيس، توصل بيار ماري كور Pierre de Maricourt الى اثبات مجموعة من الظواهر المغناطيسية الاساسية .

وطيلة القرون الثلاثة الماضية من القرن الرابع عشر الى القرن السادس عشر لم يتتس ما قاله ماري كور Maricourt. ولكن زعنه التشبيهي اهل، وبدلاً من مجمل تصوراته الموحدة والمنظمة، وبدلاً من التجارب ومن الخصائص المغناطيسية الموضوعة من قبل الراهب البيكاردي Picardi، نجد بصورة مشتتة لدى مختلف المؤلفين عدداً من الاجزاء غير المنظمة. فضلاً عن ذلك ان تأويله الالهي الوضعي للظواهر المغناطيسية المستقي من علم الفلك نجد له، بحسب المؤلفين وبحسب وجهات نظرهم، تفسيرات تيولوجية وشاعرية وحيوية واحيائية وحركية او سحرية .

وعلى كل حال وضعت بعض الظواهر الجديدة والمهمة، في المغناطيسية، موضع الابرار طيلة هذه الحقبة. والى هذه الايضاحات يعود الفضل في اكتشاف ما هو جوهرى بالنسبة الى المستفيدين من البوصلة مثل البحارة، وايضاً السحرة في عصر النهضة. وقد ساهم هؤلاء جميعاً في ابراز ظواهر المغناطيسية. واستعار جان باتيستا بورتا Giambattista della Porta (في كتابه السحر الطبيعي: الكتاب 20، 1589) بعض تجارب ماري كور Maricourt فطورها واكتشف بعض الوقائع الاخرى المهمة.

وهكذا تشكل، بين القرن 13 والقرن 16 قسم من مجموع الظواهر الاساسية في المغناطيسية. ولكن اذا استثنينا عمل بيار ماري كور Pierre de Maricourt، فان هذه العناصر الالهيانية تغرق لدى افضل المؤلفين في ركام الاساطير والخصائص الخيالية والسرية او السحرية المعزوة الى المغناطيس. وظل الادب المغناطيسي ينقل حكايات من ايام بلين Pline، ويغتنق بقصص خيالية عن بحارة، وهذه الحكايات تتعلق بصخور هائلة او جبال ممغنطة، فضلاً عن اختراعات المشعوذين الجدد في عصر النهضة.

في هذا الوضع ظهر في لندن سنة 1600، وفي السنة الاولى التي بدأ فيها القرن السابع عشر، المؤلف الذي سوف يغير نهائياً مجرى تاريخ المغناطيسية وهو : « في المغناطيسية. » لمؤلفه وليم جيلبرت William Gilbert (1540 - 1603). وقد لقبه معاصروه بحق « ابو الفلسفة المغناطيسية ». وقد قرأ جيلبرت Gilbert كل المؤلفين القدامى والمحدثين الذين عالجوا موضوع المغناطيس وعرف كتبهم تفصيلاً. في مقدمة كتابه اعلن جيلبرت عن عزمه على التخلص نهائياً من اسلوب التفلسف الذي جرى عليه سابقوه الا ان هذه المقاطعة الجلولية فعلاً لم تكن كاملة : فقد كان لاحد السابقين مقام عنده هو بيار ماري كور Pierre de Maricourt. واذا كان قد تكلم عنه قليلاً فانه مدحه كثيراً. والمقارنة بين كتاب جيلبرت في المغناطيسية وكتاب ماري كور : « رسالة في المغناطيسية » تظهر بدون ادنى شك تأثر

جيلبرت كلياً بالراهب البيكاردي . وقد ذهب بعض معاصري جيلبرت الى حد اتهامه بانه سرق عن الراهب .

والاِتهام كاذب وظالم ولكن من المهم التذكر، بهذا الشأن، بان التأثير هو سببية معقدة، حيث، كما اشار آ. كوارى A.Koyré، « يكون المفعول سبب سببها ». والى جيلبرت Gilbert يعود الفضل الاول في تقدير اعمال ماريكور Maricourt واتخاذ اياه نموذجاً . فقد اخذ عنه، اخذاً نقلاً، تصوره التشبيهي للمغناطيس واسلوبه التجريبي . ولكن جيلبرت اراد الذهاب ابعد من سلفه، ودعا قراءه الى اتباعه ضمن الطريق الجيد المستعاد .

وقد طبع تاريخ المغناطيسية كله، بخلال القرن 17 بطابع جيلبرت . وتمت العودة الى عمله، فانتقدت تفسيراته وتصوراته، لما فيها من اسراف، وكُررت تجاربه واستكملت . وانتقدت انتقاداته بدورها . وهكذا، ابتداء من جيلبرت الى هويجن، مروراً بكابو Cabeo وديكارت Descartes وبويل Boyle، اكتفاءً بذكر المؤلفين الاكثر اهمية، حققت المغناطيسية سلسلة من الانجازات الحاسمة في جميع الواجه: نظام المغناطيس والمغناطيسية الموضحة، تحديد نطاق ومكانة العلم الجديد، تشكيل الاحداث الاساسية في المغناطيسية .

وفي سنة 1687 ظهر كتاب « الفلسفات الطبيعية والمبادئ الرياضية » لنيوتن، بمبحثه المعرفي (ابيستمولوجيا) الجديد، وما فيه من تصور جديد للجاذبية الكونية ونموذج الجاذبية الارضية، فاعطى للمغناطيسية العناصر الاخيرة اللازمة لها لتكون علماً فيزيائياً رياضياً .

وهذا الحدث لم يقع الا في الربع الاخير من القرن الثامن عشر . فلماذا توجب انتظار حوالي قرن من الزمن، حتى تطبق على الظاهرات المغناطيسية النموذج النيوتني، وحتى تتم صياغة القانون الاساسي في المغناطيسية (قانون كولومب) الذي يشبه شكلاً قانون الجاذبية الكونية ؟ سوف نبين ان القرن 17 هو المسؤول جزئياً عن هذا التأخير .

وكما ان القرن 17 لم يتوصل الى استخلاص قوانين المغناطيسية، فانه لم ينجح كذلك في صياغة قوانين الكهرباء الجامعة (الكتروستاتيك) . الواقع انه لم يكن يمتلك الوسائل الكافية لكي يخلق العلم الكهربائي، ولم تكن لديه الرغبة في ذلك، نظراً لانعدام الوعي الحق لاهمية ولخصوصية الظاهرات الكهربائية . وعمله (اي القرن 17) وانجازه في هذا المجال لا يشبه في شيء انجازه الذي تحقق في مجال المغناطيسية، ولكنه يبقى رغم كل شيء مهماً .

I - انجاز القرن السابع عشر في المغناطيسية

في القنم 4 من « المبادئ الفلبفية » المنشور في امستردام سنة 1644، انصرف ديكارت في الفقرة 145، « لتعداد كل خصائص المغناطيس »، تعداداً ضرورياً « . . من اجل تبين ان كل هذه

الخصائص وكل التجارب الغريبة التي استطاع المعجبون بالمغناطيس اكتشافها، حتى الآن، يمكن ان تفسر بمثل هذه السهولة بفعل... (المبادئ التي عرضها ديكارت في الفقرة 135). . . وان هذا وحده يكفي للاقتناع بصحتها... .

واذا أخذ هذا التعداد بذاته، خارجاً عن كل عودة الى الهدف الديكارتى، فانه يستعرض تقريباً مجمل ظاهرات المغناطيس المعروفة في القرن 17. فقد كان نصف هذه الخصائص تقريباً ثابتاً قبل سنة 1600، ولكن، كما سبق القول، الى وليم جيلبرت William Gilbert يعود الفضل في كشفها من جديد وعزلها عن مجمل الخصائص السحرية او الوهمية التي كانت تغشيها .

1 - تعداد خصائص المغناطيس

ما قدمته القرون الوسطى - ان المغناطيس الحر في حركاته يأخذ اتجاهاً محدداً في الفضاء . فيتجه احد اطرافه دائماً، وفي اي مكان ناحية الشمال ويتجه الطرف الاخر نحو الجنوب. ونسمي هذين الطرفين بالقطبين : قطب الشمال وهو طرف الابرة الذي يتجه نحو الشمال، وقطب الجنوب وهو الطرف الذي يتجه نحو الجنوب⁽¹⁾.

« ان القطب الشمالي في « الحجر » المغناطيسي يجذب القطب الجنوبي في الحجر الاخر، والقطب الجنوبي يجذب قطبه الشمالي. وبالعكس ان قربنا القطب الشمالي من القطب الشمالي هرب الحجر... وكذلك ان قربنا القطب الجنوبي من القطب الجنوبي » (بيار ماري كور) Pierre de Maricourt.

وعندما يوجه قطبان من اسمين مختلفين نحو بعضهما البعض يقتربان حتى الملامسة ويجمعان ليشكلا مغناطيساً واحداً . وبالعكس (تجربة المغناطيس المكسور)، ان قسمنا مغناطيساً واحداً بحيث يكون سطح القسمة قاطعاً بزاوية قائمة الخط الذي يجمع بين القطبين او ما يسمى بمحور المغناطيس، فان النقطتين من الخط المقطوع هكذا، واللتين كانتا متلامستين من قبل، والتي اصبحت احدهما في احدى قطعتي المغناطيس، والاخرى في الاخرى، هاتان النقطتان تصبحان قطبين متعاكسين، بحيث ان إحداهما تحاول أن تتجه نحو الشمال والأخرى نحو الجنوب .

اذا مغنط مغناطيس ما قطعة حديد في طولها، بواسطة التماس : « يتجه القسم الذي لس الجهة الجنوبية من المغناطيس نحو شمال السماء وبالعكس يتجه القسم الذي لس الجهة الشمالية من المغناطيس نحو جنوب السماء » (بيار ماري كور).

ومغنة الحديد ليست ثابتة. اذ يمكن تخريبها بسهولة، وقلب اتجاه القطبين وذلك عن طريق

(1) نأخذ التعداد الديكارتى كمرشد، ونستعمل بعض التعابير الديكارتية، ولكن نذكر الخصائص بحسب ترتيب اكتشافها تاريخياً .

التحاس من جديد بواسطة قطبين متعاكسين . ان حجر المغناطيس وقطعة الحديد المغنطة يتجاذبان ويتباعدان بحسب نفس القانون الذي يحكم مغناطيسين .

هذه المجموعة الاولى من الظواهر الاساسية ، التي وصفها بيار ماريكور ، والتي اتخذها كلها وليم جيلبرت تشكلاً كلاً منظماً ، او سلسلة تثبت كل صفة فيها الصفة التالية .

ما قدمه عصر النهضة - يمجّد كريستوف كولومب لانه اكتشف سنة 1492 الميل المغناطيسي ، واختلافه من مكان الى آخر في الكرة الارضية . وقد نسب الانكليزي روبر نورمان Robert Norman (توفي 1596) الى نفسه فضل اكتشاف الانحراف وتغيراته المحلية . لا شك أنه جهل يومئذ الكتاب الذي تكلم فيه جورج هارتمان G.Hartmann سنة 1544 عن تغيرات الانحراف المغناطيسي . ومهما يكن من امر تعتبر مساهمة المؤلف الانكليزي (الذي يصفه جيلبرت بانه بحار بارع وحر في مبدع) عظيمة . فقد اثبت في كتابه « الجذب الجديد » (1581) انه يتوجب وضع وزن في القطب الجنوبي من اجل جعل الابر المغناطيسية افقية ، ولكن الانحراف لم يكن بسبب مادة ذات وزن : اذ لو كان هذا صحيحاً ، لما كانت الإبرة تميل نحو الاسفل ، بل تميل عامودياً ، ومن جهة اخرى لما كان للإبرة نفس الوزن قبل المغنطة وبعدها . وصاغ نورمان ، زيادة على ذلك ، الرغبة في رؤية اجزاء قياسات الميل والانحراف في مختلف مواضع من الارض . (كان يجهل ان مركاتور Mercator ، في سنة 1546 قد سبق ووضع خارطة اولى حول اختلاف الانحرافات) . وفي سنة 1585 نشر وليم بورو William Borough كتاباً اعتبره تكملة لكتاب نورمان ، عرف فيه بشكل دقيق خط الطول المغناطيسي ، و اشار الى طريقة قياس الانحراف ، كما اشار الى نتائج قياسات الميل في مختلف المواضع

وطور بورتا Porta في الكتاب السابع من مؤلفه (1589) تجربة المغناطيس المكسور التي اجراها بيار ماري كور . وعمم ، بشكل أولي النتائج التي حصل عليها مبيناً أن هذه النتائج تعود الى الظهور مهما كان شكل المغناطيس المكسور ، ولا يشترط ان يكون شكله كروياً ، (وهو الشكل الوحيد المعتبر من قبل ماري كور) : « ان القطبين اللذين يظهران عند الكسر هما نقطتان موجودتان تماماً على الخط الذي يجمع بين القطبين الابعدين في المغناطيس الاول » (جان دوجات J.Daujat . وكسر فيما بعد المغناطيس ، انما يشكل غير عامودي كما فعل ماري كور على محوره ، انما فوق المحور بالذات : فان القسمين في كل من القطعتين الجديدتين اخذا يبعدان عن الطرفين في القسم الاخر القريين قبل القسمة . وهكذا ثبت بورتا Porta فكرة بيار ماري كور ، المستعادة في القرن السابع عشر وبموجبها تشبه خصائص كل قسم من المغناطيس الخصائص التي وجدت في المغناطيس قبل قسمته .

وكان بورتا هو اول من اشار الى ان شفرة الحديد المطبقة الى احد قطبي المغناطيس تحول قدرته على سحب قطعة حديد اخرى نحو هذا القطب بالذات ، في حين كان الاعتقاد سائداً بان قوة المغناطيس لا يمكن ان تحول او تمجيب بأي جسم كان . ويبدو اخيراً ان بورتا كان الاول في اثبات ان نخالة الحديد تصطف وفقاً لترتيب معين حول المغناطيس (وهذا ما يسمى بالطيف المغناطيسي) وان الحرارة تنزع المغناطيس .

وهناك تجربة اخيرة، كان لها اهمية نظرية قصوى، يجب ان تسجل لصالح القرن 16: لقد بين روبرت نورمان Robert Norman ان النقطة التي تتجه نحوها البوصلة، لا تجذبها بل توجهها، وتعطيها اتجاهاً وليس نقلاً (Translation): وقد وجد، بالتالي، انه من الضروري تسميتها « نقطة التوجه » بدلاً من نقطة الجذب.

ما قدمه القرن السابع عشر - بقي للقرن السابع عشر ان يكتشف التنوع المؤقت في الميل Declinaison. وقد بينه جليبران Gellibrand سنة 1636. الى القرن 17 يعود ايضا الفضل في تصور وتحديد المغناطيسية الارضية، لقد فرض وليم جيلبرت فكرة ان الارض في مجملها هي مغناطيس (ولست مجرد مكان لمناجم مغناطيسية موجودة في بعض الاماكن من الارض. وقد ربط بالتالي بالمغناطيسية الارضية، المتصورة على هذا الشكل ظاهرات التوجه Direction والانحراف Declinaison والميل Inclinaison).

ولم يلاحظ جيلبرت Gilbert ان الارض هي مغناطيس ضعيف. لقد رأى فيها الجسم المغناطيسي الاكثر كمالاً، والمغناطيسيات الاخرى لا تكتسب خاصيتها الا من خلال طبيعتها الارضية. وصحح الاب غراندامي Grandamy تصور جيلبرت: رغم كبر الارض وضخامتها، فان الطاقة المغناطيسية فيها لا تبدو قوية فيها الا في غالبية الصخور المغناطيسية الشديدة الصغر نسبياً.

ومن اهم اكتشافات جيلبرت هو اكتشافه المغنطة بدون تماس، « بالتأثير ». وهذا دفعه الى الاعتراف بان النار قد تتلقى القدرة المغناطيسية من الارض، حتى في حال عدم وجود اي مغناطيس، وان الارض او غيرها من المغناطيسيات يمكن ان تبعد قوة مطلق مغناطيس، ان هو بقي لمدة طويلة موجهاً بشكل آخر، في مواجهة احد المغناطيسات او العديد منها، القريب او القربة منه، حتى انه لا ينزع إلى البرم والتحول بصورة طبيعية.

وعند دزمس جيلبرت لتغير الاثار المغناطيسية تبعاً للمسافة، فقد حمل الى التمييز، حول مغناطيس كروي، بين كرة ذات جذب مغناطيسي وكرة ذات اثار موجية، تمتد أكثر بكثير. هذا التمييز يجب ان يربط، كما سنرى، بالتمييز بين « النقطة الموجية » والنقطة الجاذبة، التمييز الذي قال به نورمان Norman.

في القرن السابع عشر فقط لوحظ ان اقتراب مغناطيس من قطعة حديد بشكل مستطيل، فانه يتلقى الطاقة المغناطيسية دائماً بحسب طوله.

وذكر فيه ايضاً ان الصدأ والرطوبة وليس الحرارة فقط هي التي تعطل قوة المغناطيس.

وأخيراً انه في هذا القرن اكتشف «ديكارت الشكل الحلقي لما نسميه اليوم انابيب القوة المغناطيسية». (ي بوير E.Bauer) وعلق اهمية نظرية بالغة على ظاهرة الشبح المغناطيسي.

وبعد ان بينا الخصائص الرئيسية للمغناطيس التي عددها القرن 17، فالتنا الآن سندرس المفاهيم التي اتاحت التثبت من هذه الخصائص والتفسيرات التي اعطيت لها .

2 - نظريات المغناطيسية

وليم جيلبرت - William Gilbert ترتبط نظرية المغناطيسية عند وليم جيلبرت بفكرة اساسية هي فكرة ان الارض في مجملها هي مغناطيس . فهو يرى ان الارض ليست مغناطيسية لانها تحتوي جواهر مغناطيسية، بل ان الجواهر الارضية بطبيعتها هي مغناطيسية . ان القوة المغناطيسية جوهرية في الارض، في الجوهر الارضي . واذا كنا نجد المغناطيسية في الحجر المغناطيسي وفي الحديد، فذلك لان طبيعتهما ، اكثر من طبيعة بقية الاجسام الاخرى، هي طبيعة الارض بالذات .

ان الخصائص المغناطيسية كلها تعود، في نظر جيلبرت، لا الى المادة التي منها تتكون الارض، بل الى « الشكل النجمي Astral » الذي اعطاها الله اياه . هذا الشكل المغناطيسي هو « القوة الخلاقة الاولى » هو الشكل الاول والرئيسي في الكوكب الارضي . انها مخصوص بكوكب معين . هذا الشكل هو في تصور جيلبرت هو شكل زرعت فيه الحياة .

كتب يقول : « ان القوة المغناطيسية حية روحية او انها تشبه الروح . وهي من عدة اوجه تتجاوز النفس البشرية . . . ففي حين تستخدم الروح البشرية « . . . العقل، وترى الاشياء وتبحث . . . ، فان الشكل المحيي للكرة الارضية (مثل شكل بقية الكواكب) بدون اعضاء حواس، وبدون اخطاء، وبدون امراض، تمارس بصورة دائمة عملاً مستمراً ، سريعاً ومعدداً ، وثابتاً، وموجهاً ، الخ . عبر كل كتلة المادة . . . » .

هذا الاثر لا يقتصر فقط على المادة المغناطيسية . انه ينتشر في الجو المجاور . حول الارض، « تنتشر اشعة القوة المغناطيسية في كل مكان في مناطق موحدة المركز » . والجسم القابل للمغنطة ، عندما يوضع ضمن اطار تأثير الارض، فهو لا يتلقى ، بالمعنى الصحيح ، شكله المغناطيسي من الارض - لانه يمتلكه، مسبقاً ، بحكم الماثلة والمشابهة في الطبيعة . الا ان هذا الشكل « يوقظ أو يبعث » ، و « يزداد » . ان القوة المغناطيسية في الجسم المغنط تنتشر بنفس الشكل حوله، في الفضاء .

كيف تصور جيلبرت هذا الانتشار للقوة المغناطيسية، خارج الاماكن المغناطيسية ؟

« نحن لا نقول ان الاشكال المغناطيسية ومداراتها (Orbes) موجودة في الهواء او الماء او غيرها من الاماكن غير المغناطيسية ، كما لو كان الهواء او الماء يتلقيانها او يتأثران بها . لان القوى لا تكون فعالة ولا تبقى حقاً الا عندما تكون الاجسام المغناطيسية موجودة . . . ان المغناطيس يحفز فقط الاجسام المغناطيسية الواقعة على مسافات مناسبة » .

ويتج عن الشكل المغناطيسي مختلف الحركات المغناطيسية الطبيعية التي تمتلكها الارض،

وعندها ثلاث: حركة «كواسيو» Coitio (التي تسمى عادة بالجابزية)؛ حركة التوجيه (تعيين الاتجاه Verticity)؛ واخيراً حركة الدوران (او البرم على الذات).

ان الاجسام الممغنطة، كحجر المغناطيس او الحديد، تمتلك هي ايضاً هذه الحركات الثلاث. وهي كالارض تجذب، وهي مثلها توجه، ولكن حركتها التوجيهية تتأثر بجوار الارض، وبموقعها الخاص ضمن دائرة مفعول الارض: وهذه الحركات بدلاً من ان تأخذ او تدل على الاتجاه الذي تتخذه الارض، فانها تحرف وتميل، واخيراً اذا كانت المغناطيسات، من حيث المبدأ، تستطيع ان تتحرك بحركة دائرية، فهي لا تأخذ بالواقع هذه الحركة، لانها اي الحركة معكوسة ومصدودة بعنف بالجابزية الارضية. فبالنسبة الى جيلبرت: الجاذبية الارضية هي الجذب الذي تنفذه مادة الارض على مادة المغناطيس، جذب يعبر عن نزوع كل مادة كوكب معين الى التجمع. واذا كانت الارض في مجملها تستطيع ان تدور حول نفسها، فذلك لان الجرم الارضي هو في حالة توازن كامل حول محوره.

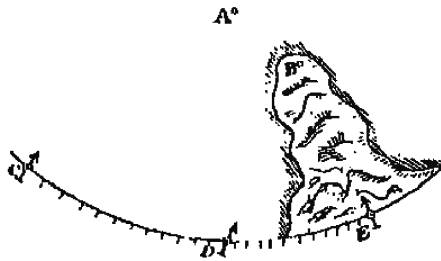
ينتج الجذب المغناطيسي، الذي يميزه جيلبرت عن الجاذبية الأرضية: «عن التأثير المتبادل» الذي به تنزع الاجسام الممغنطة لا الى التكتل او التجمع في كتلة مادية واحدة، بل الى اعادة تكوين ذاتها أي الى اعادة تشكيل جسم فعلي من الكتلة المادية، له شكل (بمعنى التشكل المادي) وحيد، أي لتشكيل مغناطيساً واحداً له قطبان وله محور.

والارض بقوتها (او بروحها المغناطيسية تأخذ وتحفظ بتوجيهها في الفضاء، المكان الذي اراده الله لها. وكما ان المغناطيس المبعد عن اتجاهه يعود اليه، منذ ان يصبح حرراً، كذلك الارض، بالفرض المحال، ان ابعدت عن موضعها في الفضاء، فانها تعود اليه طبعاً بقوتها المغناطيسية. ان القطبين الحقيقيين للارض، القطبين النجميين، ليسا، في نظر جيلبرت، مجرد نقطتين جيومتريتين كما اعتقد كل الناس (قبله) بل هما نقطتان فيزيائيتان.

ان اي مغناطيس، حر في حركته، يأخذ مثل الارض اتجاهها في الفضاء. ولكنه، كما سبق القول، ينحرف ويميل. ويعارض جيلبرت كل الذين «حلموا»، لكي يدللوا على الانحراف، بمناجم من المغناطيس موجودة على بعد من القطبين الجغرافيين. وهذا هو السبب الحقيقي بحسب رأيه. لئلا كانت كرتنا كرة مكتملة ومتناسقة، لكانت الابر الممغنطة اتجهت تماماً نحو الشمال. ولكنها غير متساوية سواء في تكوينها (قارات، بحار، ومغائر ارضية تحتية) أو في تركيبها. وينتج عن ذلك «ان هذه القوة الشاملة للارض، فوق سطحها، تبعد الاجسام المغناطيسية نحو الاقسام الممغنطة الاكثر قوة والاكثر ارتفاعاً» (الصورة 30). كان جيلبرت يعلم انه لا يمكن تحديد طول مكان سندا لمعرفة الانحراف. وبالمقابل، كان يؤمن، وهذا هو استنتاج كل النظام، بانه في كل نقطة تتجه الابر نحو الوجهة التي تميل بها اليها «قوة الارض الشاملة». واذن فهذه الوجهة تتأثر بقرب الرواسخ القارية او حتى بالجزر البسيطة.

اما الميل Inclinaison، فهو مرتبط بالصورة الجيومترية الخاصة التي يكون عليها المغناطيس

الأرضي، الصورة الكروية. وبالفعل إذا اعطينا لحجر مغناطيسي شكلاً كروياً، فاننا نلاحظ انشاء نقلنا فوق سطحه، لايرة ممغنطة متوازنة انها تميل: عند خط الاستواء تكون الاليرة مماسة للكرة اي انها عامودية بالنسبة الى القطبين وفوق سطح الأرض، تنيح بوصلة الميل Inclinaison (التي عرفها جيلبرت) العثور على نفس القانون. ان الميل مرتبط بالطول (الموقع فوق خط الطول)، الا انه غير متناسب معه، لان التغير ينقص من خط الاستواء نحو القطب. والبناء الجيومتري الذي يقترحه جيلبرت، لكي يشرح هذا القانون، هو احد هذه الالينة الجميلة (الخاطئة غالباً) التي قدمتها الفيزياء الجديدة في القرن 17 لكي تترجم رياضياً الظاهرات.



صورة 30 - تأثير الكتل الكبيرة على اتجاه البوصلة .
في منطقة متجانسة، C، تنجح البوصلة نحو القطب A (يفتر الرسم إلى الدقة) . في D وفي E تسبب الكتلة B بانحرافها . (و. جيلبرت، De magnete، ص 183) .

والميل اخيراً ليس سببه جذب المغناطيس الأرضي بل هو ناتج عن تأثيره التوجيهي .

لنتأمل اخيراً في الحركة المغناطيسية الثالثة الطبيعية: حركة دوران الأرض حول محورها. ان القرن 17، بمجمله لم يأخذ، وهو مصيب، بهذه الحركة التي نادى بها جيلبرت. لقد فتش عن تفسير للحركة اليومية للأرض، ضمن سببه ميكانيكي لا مغناطيسي. الا ان جيلبرت يرى ان هذه الحركة، ان امكن القول، هي الالاهم في نظره. لان كل فلسفة مغناطيسية هي في خدمة مفاهيمها النجومية والكونية. فجيلبرت، الميال، من بين الالوائل، الى حركة دوران الأرض، اراد المدافعة عن هذه الحركة، ضد اعتراضات الارسطيين. فهو يقبل، مع هؤلاء بالتمييز بين الحركات الطبيعية والعنيفة، ولكنه يهتم بان يثبت ان الدوران على الذات هو حركة طبيعية وليست حركة عنيفة. وظن انه يجد في المغناطيسية الاسس الفيزيائية لهذا البرهان. مستلهماً في هذا عمل بيار ماريكور Pierre de Maricourt، كما سنبينه الآن.

بيار ماريكور Pierre de Maricourt وجيلبرت Gilbert - يقول بيار ماريكور لمراسله « يجب عليك ان تعلم، ان هذا الحجر (المغناطيسي) يحمل في ذاته شبه السماء » وهذه المشابهة ليست بارزة بشكل مباشر، والتحليل العقلي لا يمكنه ان يقررها او يشتها بمفرده. ان على الفن ان يثبت وجودها ويبرزه.

يوصي بيار ماريكور الحرفي ان ينتقي حجارة مغناطيسية جيدة النوعية ومتجانسة. ويجب عليه، فيما بعد «... ان يعطي للحجر شكلاً منديوراً (كما هو شكل الكرة السماوية) وذلك بواسطة الآلة المستعملة لهذه الغاية في البلورات وغيرها من الاحجار ».

فاذا تم انجاز هذه الاعمال الاولية، عندها يمكن اقرار وتطوير الماثلة النجومية المغناطيسية.

كتب يقول : « في السماء ، هناك نقطتان ملحوظتان ، لان الكرة السماوية تدور حولها كما حول محور ، اولاهما تسمى القطب الشمالي والثانية القطب الجنوبي . ومثل ذلك ، انك واجد في هذا الحجر ، نقطتين تسمى اولاهما القطب الشمالي والثانية القطب الجنوبي » وقطبا الكرة السماوية هما النقطتان حيث تتلاقى كل الدوائر الكونية المسماة Azimuts . ان قطبي المغناطيس هما كذلك نقطتا تلاقي الدوائر الكبرى التي سوف تظهر فوق الحجر المقصوب بالشكل التالي : « ... نضع فوق الحجر ابرة أو قطعة حديد بطول متوازن كالابرة ، وبحسب اتجاه الحديد نخط خطاً يقطع الحجر نصفين . وبعدنا نضع الابرة أو قطعة الحديد في مكان آخر من الحجر وبالنسبة الى هذا المكان أيضاً نخط خطاً جديداً . وان شئت تفعل نفس الفعل في عدة أماكن ، وبدون أدنى شك ، تلتقي هذه الخطوط عند نقطتين » .

هذه الماثلة لا يتصورها بيار ماريكور Pierre de Maricourt كمشابهة رياضية خالصة ، تغطي حقائق مختلفة بصورة اساسية . ان مشابهة « السماء » التي يحملها الحجر في ذاته ، تعبر عن ماثلة طبيعية . ان المادة الاثيرية / غير القابلة للفساد والمكونة منها الكرة السماوية (من ضمن مواد مختلفة) والمادة الثقيلة والقابلة للفساد والتي يتكون منها حجر المغناطيس ، لها نفس الشكل الذي يعطي للكرة السماوية ولحجر المغناطيس ، ذات الصفة النوعية ، وهو ايضاً مصدر نفس الحركات الطبيعية ، ونفس الغرائز ، ونفس الشهية . هذه القناعة كانت عنده كبيرة الى درجة انه اعتقد بانه من الممكن ان يكون لحجر المغناطيس حركة دائرية محورية متجانسة تشبه حركة الكرة السماوية : المدعومة بلطف بقطبيها ، ومحورها مرتكز على خط الطول الجغرافي او المغناطيسي (وهما غير متفارقين في نظره) ، انها حجر دائري تماماً يجب ان يدور تحت تأثير من السماء .

ونقل جيلبرت Gilbert هذه التصورات في نظامه الفلكي . وقطع حجر المغناطيس الى كرة ، لا على شكل الكرة السماوية بل على شكل الكرة الارضية : وسماها « ترالا » Terrella ابنة الارض . اما خطوط الطول والقطبان ، ومحور المغناطيس ، التي جعلها كلها بشكل مماثل تماماً للشكل الذي صنعه بيار ماريكور فلم تكن مماثلة للسماء بل للارض ، وهكذا اذا تغيرت كل المعاني عند الانتقال من « ابيستولا دي مغنيط Epistola de Magnete » الى « المغنيط ... » فإن البنات ظلت كما هي .

ورغم ان هذه الماثلة الفلكية لم تحفظ ، من قبل العلم ، فان دورها كان ضخماً ، اذ انها هي التي اتاحت تصور المغناطيس كشيء طبيعي لا كشيء فوق الطبيعة ، سحري ، وخفي . ثم ان هذه الماثلة ، اتاحت ، ايضاً ، نوعاً من الرخصة للمغناطيس . ونخطئ حين نعتبر بان خطوط الطول المغناطيسية ، والكزات المؤثرة الخ . التي يتكلم عنها بيار ماريكور وجيلبرت ، تغطي مفاهيم خط القوة ، وسطح المستوى ... هذان المؤلفان اعطيا للمغناطيس ، للفضاء الداخلي ، ولسطحه ولفضائه المجاور بنية طوبولوجية Topologique متميزة ، لا بنية مترية .

كابو **Cabeo** و**كبلر Kepler** - لم يخل خلفاء جيلبرت **Gilbert**، في القرن السابع عشر، عليه بالمديح والاعجاب، سواء كانوا من الارسطيين مثل كابو **Cabeo** وتلامذته غراندامي **Grandamy** وكيرشر **Kircher** وليوتود **Léotaud**، ام كانوا كوبرنيكيين **Coperniciens** مثل غاليلي **Galilei** و**كبلر Kepler**.

يقول كابو، في كتابه « فلسفة مغناطية » (1629) بدون تحفظ تقريباً ، بالعمل التجريبي الذي قام به جيلبرت ، ولكنه يناقش تفسيراته وشروحاته النظرية . ويبني من جهته نظرية مختلفة هي النظرية الارسطية حول المغناطيسية والتي كانت موقودة حتى ذلك الحين . وطبق على نتائج جيلبرت المفاهيم التي وضعها شراح ارسطو، والاسكندر الافروديسي **Alexandre d'Aphrodisias** حتى ابن رشد **Averroës** وسان توما **Saint Thomas** وطورها . واكتسب ايضاً الفضل العظيم في انه بحث ، عن ماهية السبب . . . الرياضي الذي يجعل القوة المغناطيسية تنتشر : في كل نقطة من كرة تأثيرها يجب ان تكون للقوة ضخامة وادارة وتوجه يتلاءم مع بناء رياضي .

واخيراً ، رفض حركة الدوران المغناطيسي، التي قال بها جيلبرت، ورد الحركتين الاخرين الى حركة واحدة . وبصورة ادى لقد شرح بنفس الاسلوب حركات الجذب والتوجيه : ان الحركة الطبيعية في المغناطيس هي حركة الادارة والتوجيه .

كتب يقول : « ان الجاذبيات المغناطيسية، لا تتأثر عن شيء آخر غير الاستقطاب (التناقض الكامل) **Polarité** الذي اشرنا اليه كوسيلة توجيه نحو قطبي الارض بحيث ان الجسم المغناطيسي بنفس الحركة الواحدة، له كمال ضروري قادر بأن واحد على جذب الحديد، والتوجه نحو قطبي الكون ، وان بدا جيلبرت بعكس هذا الرأي . . . ان المغناطيس الحر، وبذات القدرة التي توجهه باتجاه وبوجه معين يتحرك ايضاً لكي يقترب من المغناطيس الآخر » .

لم يصف غاليليه شيئاً الى دراسة المغناطيسية التي قام بها جيلبرت . اما كبلر فقد استفاد منها بشكل مميز . فقد ماهى بين المغناطيسية والجذب الكوني (في حين ان جيلبرت ميز بينهما) بالنسبة اليه، كل القوى النجمية هي مغناطيسية . الشمس تدور حول نفسها وتحرك العالم النجمي بحركتها الذاتية (**Species motrix**) نوع جنس . ويفسر المدار الاهليلجي للكواكب والارض (التي لا يقول جيلبرت بدورانها حول الشمس) يفسر بالاستقطاب (في المغناطيسيات الكواكبية ، التي تحتذب وتدفع دورياً وتالياً ، من قبل المغناطيس الشمسي ، والتي من جراء هذا ، تذهب سريعاً نوعاً ما) ان السرعات تناسب عكسياً مع المسافات (لان القوة المحركة المنبثقة عن الشمس، تخف بفعل المسافة » (أ. كواربي) **A. Koyré** .

ديكار **Descartes** بويل **Boyle**، وهويجن **Huygens** - قليل من التجارب، انعدام الحساب اطلاقاً، نظرية طموحة تشكل في تفصيلاتها قصة حقيقية ، لهذا كله كانت الدراسة التي قام بها ديكار **Descartes** للمغناطيسية محيية للامال في نظر العلم الوضعي . ولكنها مهمة في الاعداد الفلسفي لعلم المغناطيسية .

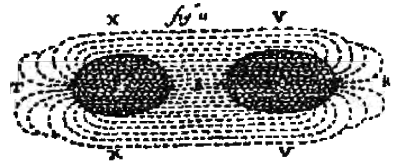
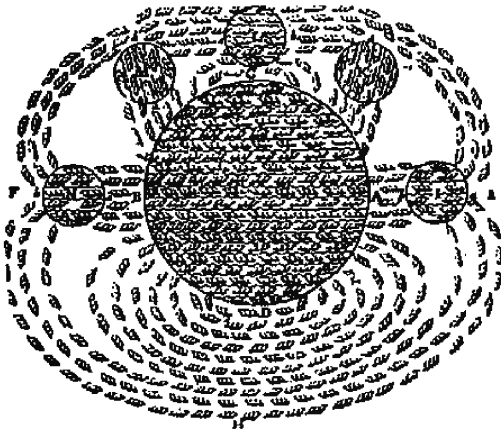
تشكل الأشكال المغناطيسية الحية او غير الحية التي وضعها جيلبرت Gilbert وكبلر Kepler او كابو Cabo ، هذه الطبائع التي تولد حركات مغناطيسية طبيعية تشكل بالنسبة الى ديكارت أمثلة من الأوهام التي تعيق الفيزياء والتي تنأى عن غموض الأفكار في النفس والجسد وقد استبعداها هو من المغناطيسية ، كما استبعداها من أقسام أخرى من الفيزياء .

ومهما كان من امر التجاوز الحتمي في المشروع الديكارتي، فقد كان هذا المشروع مفيداً للعلوم عموماً وللمغناطيسية خصوصاً .

لقد اراد ديكارت ان يبين خلو المغناطيس من الصفات الخفية التي ليس لها اي علاقة في الانسجام أو في التنافر ولا أي مفعول عجيب لا يمكن تفسيره انطلاقاً من مبادئه: أي من الضخامة والصورة والوضع والحركة . فقد اراد ان يحطم بصورة خاصة ما سوف يكون خطيراً جداً فيما بعد وهو فكرة الجذب العفن كما يردد كل الديكارتيين عن القدرات الخفية :

«إذ لا يوجد بالفعل أي جذب في هذا ولكن حالما تصبح الحديدية ضمن كرة فاعلية المغناطيس، تنتقل إليها هذه الفاعلية، من خلال اجزاء ذات قنوات، تطرد الهواء بين الاثنين بحيث يقتربان : أي ان المغناطيس والحديد يدفعان احدهما نحو الآخر بواسطة الهواء المجاور الذي يندفع داخل الفراغ المحفور على هذا الشكل » .

ان العلم الوضعي لم يحفظ شيئاً لا عن الاقسام ذات القنوات التي هي اشكال من اللوالب في المادة اللطيفة التي تضرب الأجسام بشكل لا يتوقف ، وليست هي كذلك مسام تمر عبرها هذه الاجزاء ذات القنوات، مرة بسهولة ومرة وهي تتعلق بجرم الجسم . ولا يهتم هذا العلم بمعرفة ما اذا كانت هذه الاجزاء تتعلق بالعنصر الاول او العنصر الثاني او العنصر الثالث، هذه العناصر التي هي محركات علم نشأة الكون عند ديكارت .



(الصورة 31) الشبح المغناطيسي (الى اليمين) ومخطط تفسيري للمغناطيسية الارضية (الى اليسار) .

ديكارت ، المبادئ الفلسفية 1644 ص 194 وص 198 .

يدرس ديكارت - اويتخيل - المغناطيسية انطلاقاً من الظل او الشبح المغناطيسي، بعد ان قدم له احدى أولى رسماته (شبح يحدث بفعل مغناطيسين متجاورين) (صورة 31، إلى اليمين) وبالنسبة اليه ترسم خطوط الشبح مسار الأجزاء ذات القوات التي تمر بالمغناطيس وتخرج منه ثم تعود اليه بعد دويرة خارجية .

يوجد، حسب اعتقاده، تياران متعاكسا الاتجاه، كل واحد منها لا يستطيع الدخول في المغناطيس الا من أحد أطرافه لكي يخرج من الطرف المقابل . والمغناطيسية الأرضية (صورة 31، إلى اليسار) تفسر بنفس الشكل : أتياً من المناطق المطابقة في السماء ، يدخل تيار من خلال نصف الكرة الجنوبية ليخرج من نصف الكرة الشمالي ، والتيار الآخر يسلك السبيل المعاكس . ويقول آخر ، هناك بالنسبة اليه نوعان من التدفقات المغناطيسية ، تتعكس مع بعضها البعض . ولكل من هذه التدفقات أجزاءه المضلعة التي تتعكس مع الأخريات ، وهو يجد داخل المغناطيس مجاريه الخاصة الصغيرة ذات الشكل المناسب .

ويتلقى التوجه منحى ميكانيكياً خالصاً . ان البوصلة تخضع لدفق الاجزاء المضلعة التي تقومها « بفعل القوة التي لهذه الاجزاء حتى تكمل حركتها بخط مستقيم » ، ويتلقى الميل تفسيراً مماثلاً . ولكي يتعرف ديكارت على تغيرات الانحراف، تبعاً للمكان ، اعتمد حل جيلبرت . ولكنه ظن ان من واجبه ان يوضح (« لان الامر اكيد ») انه توجد مناجم مغناطيس وحديد في منطقة ما اكثر مما في اخرى ، وهذا حل كان جيلبرت قد رفضه علناً . اما هو اي ديكارت . فقد عرف تغيرات الانحراف، تبعاً للزمن، وفسرها، بشكل صياني، بانها من جراء استثمار وبالتالي استفاد بعض مناجم الحديد .

واخيراً ، قطع ديكارت مع جيلبرت وكبلر، فلم يعط اي دور للمغناطيسية في حركة الارض او الكواكب، التي اعتبرها مدفوعة باعاصيرها المكونة من مادة لطيفة .

ان التفسير الديكارتي للمغناطيسية متأثر جداً بأسلوب الفيلسوف ان الكرة الارضية، والمغناطيس ليست اشياء اخرى غير امكان مرور يمكنها شكل مساهمها (الصورة الجيومترية) من تلقي، باعداد كبيرة بعض انواع « الاجزاء المضلعة » التي تمتاز الكون . وبدا حب التنظيم غالباً على الاهتمام بالتجربة . ولكن الفكرة العامة في النظام ، ان لم يكن النظام نفسه سوف يقدم اطاراً للتجارب، حتى لدى عالم بعيد عن الديكارتية مثل هويجن .

واستعاد الديكارتيون او كرروا افكار ديكارت .

ومع روبرت بويل Robert Boyle سقط المعتقد العظيم بشأن دور الهواء في الجذب المغناطيسي امام التجربة . لقد وضع بويل Boyle بوصلة تحت آلة معدة للفراغ ، وقرب مغناطيساً ذات قوة متوسطة، فرأى ان المغناطيس يجذب او يبعد رأس الابرة وفقاً لقوانين المغناطيسية، دون ما فرق كبير مع ما كان يمكن ان يحصل لو لم يسحب الهواء من الآلة التي توجد الابرة بداخلها (اعمال ر. بويل R.Boyle ، مجلد 1) .

واذن « فالحمم المغناطيسية » الصادرة عن المغناطيس، او « هذا المغناطيس الكبير الذي هو الأرض ، هي التي تتدخل وحدها .

هذه الحمم يجب ان تحدث (« وهذا لا يبدو في نظري مستحيلاً على الاطلاق » كتب بويل)
تغييراً في البنية الداخلية للجسم، مما يجعله مستعداً بذاته لاحداث أثر مغناطيسي .

وترك هويجنس Huygens لنا كتاباً عن « المغناطيس » (1680)، وعدة دراسات نشرت مع هذا الكتاب في المجلد 19 من « اعمال » هـ. وككل العلماء في عصره بنى عالمه بالمبادئ : ان الاثير هو الذي ينشر الضوء؛ والمادة المغناطيسية، هي الطف من الاثير، والقوة التي تحدث الجاذبية الارضية هي الطف ايضاً. وكما هو الحال بالنسبة الى ديكارت، يرسم الشبح المغناطيسي الدرب الذي تقطعه « مادة ما ». ولكن هويجنس لم يلتفت الى التيارين المتعاكسين. فهو يرى انه لا يوجد الا تيار واحد لم يحدد اتجاهه. واقترح بشأن الاتجاه الذي يأخذه مغناطيس بالنسبة الى الارض او الى مغناطيسات اخرى مجاورة، التفسير التالي :

« يجب ان نعرف ان الحركة الدائرية لمادة اي اعصار، لما كانت سريعة جداً ، فان وجدت في طريقها مغناطيساً آخر، فانها تفتح ممراً لها، ان استطاعت، من خلال مسامه . . . فاذا كانت المسام في المغناطيس الملتقى منحرفة . . وبالتالي فانها تحول عن حركتها الدائرية، وتبذل بالطبع جهداً لكي تختصر هذه الدورة، وبالتالي، اذا كان المغناطيس الملتقي، حر الحركة، فانها تصفه وتوجهه بحيث تكون مسامه موازية لاعصارها » .

يقول ي. بوير E. Bauer « يطبق هويجنس، بالغريزة اجمالاً، على المادة المغناطيسية مبدأ المسار الأدنى، المشابه لمبدأ فرمات Fermat في الضوء . . . اما الجاذبية، فان سببها اصله ميكانيكي، كما هو المجال لدى ديكارت . ولكن هويجنس يقرن المبادئ بالتجربة لكي ينكر كل دور يلعبه الهواء في الظاهرة . « إنه نفس مبدأ المسار الأدنى الذي يتيح توضيح تفصيل الانجذابات والتنافرات بين القطبين » (ي. بوير E. Bauer) .

نرى، في نهاية هذا العرض، ان حركة الفكر المنبثقة عن عمل جيلبرت ادت الى توضيح لمفاهيم المغناطيسية :

أ) توضحت وظيفة المغناطيسية: ان القوة المغناطيسية ليست القوة الكونية التي اليها يرد جيلبرت وكبلر تفسير ظاهرات علم الفلك والجاذبية الكونية؛ واذا فمعجال المغناطيسية محدد جداً .

ب) ليس في المغناطيسية شيء خفي، انها طبيعية لا بالمعنى التجسد المادي (Hylémorphique) بل بالمعنى الميكانيكي للكلمة .

ج) يوجد اخيراً مجمل مهم من المعارف الوضعية الاساسية.

3 - فشل القرن 17 في إدخال القياس في المغناطيسية

منذ عصر النهضة، أصبح الاهتمام بالقياس، موجوداً في المغناطيسية . فالإبحار، وتحديد

أخطوط الطول وأخطوط العرض كانا يتطلبان ادخال القياس . ولكن « البحوث حول أفضل السبل من أجل صنع الابر المغناطيسية » تقتضي هي أيضاً الاطلاع على العناصر الكميائية .

يحتاج الفن الى قواعد والى نتائج عديدة لكي يحدد الاشكال، والابعاد، والاجرام الاكثر ملاءمة لاعطائها للموصلات كي تعطي العلامات الاكثر وضوحاً ، والاكثر امانة ، والاكثر صوابية ، دلالة على الاتجاه ، رغم الاحتكاكات الميكانيكية ، ومقاومة الهواء ، والانحراف والميل وتغيراتها .

وحدها المعارف النظرية الاساسية يمكن ان ترضى مثل هذه الاحتياجات، نظراً لان جهود الحرفيين والتلمسات التجريبية اعجز من ان تقوم بالمهمة .

وقد عكف جيلبرت Gilbert وكابو Cabeo وتلامذته على هذه المسائل وحاولوا ان يحددوا توزع الطاقة المغناطيسية ضمن الجرم وفوق سطح المغناطيس، ثم قياس تغير القوة المغناطيسية مع المسافة . ولكن جهودهم باءت بالفشل . ولكن مجيء نظريات نيوتن اتاحت، على ما يبدو، العودة الى هذه الدراسات على اسس جديدة، تم الانتهاء بها الى احسن النتائج . وقدمت مفاهيم نيوتن، بهذا الشأن، الحل الايسر ، وتاريخياً الحل الوحيد الممكن لهذه المسائل . اذ كان لا بد من مرور قرن من اجل تكوين نظرية نيوتنية حول المغناطيسية، قرن استلهمت خلاله البحوث الرياضية ومحاولات القياس التي سوف تتكاثر، من المبادئ النظرية المختلفة : نظريات الهيدروديناميك Hydrodynamique ، مدعومة Sous - tendus بالمفاهيم الاعصارية التي قال بها ديكارت . وكان هذا الوضع غريباً فريداً . بمقدار ما تلقت الافكار الديكارتية تراجعاً عاماً امام النجاح المتزايد في افكار نيوتن . واذا كانت افكار ديكارت قد استمرت تفرض نفسها في المغناطيسية، فذلك بسبب صعوبة « تصور قوى جذب يمكنها ان توجه مغناطيساً بدون ان تجذبه » . قلنا ان روبرت نورمان Robert Norman بين ان النقطة التي تتجه نحوها البوصلة، لا تجذبها، بل توجهها، وسمى هذه النقطة : بانها نقطة التوجيه . وفهم وليم جيلبرت الاثرين الجذبي والتوجيهي في المغناطيس، باعتبارهما متمايزين من حيث الطبيعة . وبين ان كرة مغفول المغناطيس التوجيهي، تمتد اكثر من كرة الاثر الجذبي .

ووجد كابو Cabeo هذين النوعين من العمل واعتبر بان الاثر الاول والاساسي هو الاثر التوجيهي . واعتبر الجذب فقط كمفعول « عرضي » للمفعول الجذبي . وعلى هذا الاساس اشتغل الميكانيكيون واعصاراتهم تعبر عن هذه الافضلية او الاولوية التي يرتديها التوجيه بالنسبة الى الجذب .

وكان لا بد، من اجل تكوين نظرية جذبية للمغناطيس، قلب الترتيب، واعطاء الاولوية للجذب على التوجيه . وهذا يقتضي، امكان شرح الحركة التوجيهية للبوصلة انطلاقاً من جذبات لا تنتج الا حركات ثقلية . ويعود الفضل الى ابيونس Aepinus (1757) في هذا التبيين .

فمن بعد بعيد يكون مفعول المغناطيس « موحداً » : ان الابر المغنطة تخضع عندئذ الى « مزدوج » من القوى الجاذبة والدافعة تفرض عليها اتجاهها ، ولكنها لا تستطيع ان تفرض عليها ان تقاها .

على اثر مثل هذا التفسير، تغيرت مفاهيم القطبين المغناطيسيين : فلم يعد القطبان عموماً، طرفي الابرّة، بل نقطتي تطبيق قوى المزدوج الناتج الذي يخضع له المغناطيس في حقل متساو، او- فيها خصص الآثار الحادثة بفعل هذا المغناطيس من مسافة بعيدة - إنّها المركزان المتوسطان في الاجرام المغناطيسية الايجابية أو السلبية . هنا أصبحت أعمال كولومب Coulomb ممكنة البدء .

II - ما قدمه القرن السابع عشر في مجال الكهرباء

حتى دخول القرن 17، لم يعرف عن الكهرباء اكثر مما كان الاغريق يعرفون عنها في ايام طاليس Thalès : اي خصائص الكهرمان Ambre المحفوف الذي يجذب الاجسام الخفيفة . وكان الناس يخلطون في اغلب الاحيان بين الجذب الكهربائي والجذب المغناطيسي .

ومع ذلك فان بعض المؤلفين، مثل جيروم كاردان Jérôme Cardan (في اللطائف Subtilitates) (1551) حاولوا ان يميزوا بين فئتي الظاهرات .

كتب يقول : « ان جذب المغناطيس وجذب الكهرمان (Succin, ambre) ليس لهما نفس السبب . لان الكهرمان يجذب كل شيء خفيف اما المغناطيس فيجذب الحديد فقط . ان الكهرمان لا يحرك القشة، عبر جسم يجذب بينهما، اما المغناطيس فيفعل . والكهرمان غير مجذوب عكساً بالقشة ، اما المغناطيس فيجذبه الحديد . والقشة لا تتجه الى وجهة بفعل الكهرمان، اما الحديد فيوجه نحو الشمال والجنوب بفعل ملازمة المغناطيس . . . » .

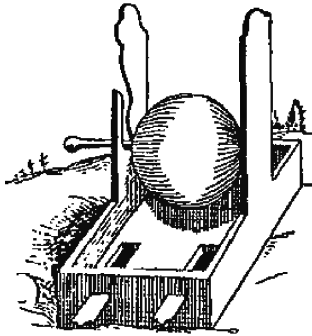
ولكن وليم جيلبرت William Gilbert هو الذي ميّز بوضوح بين الكهرباء والمغناطيس، تمييزاً ظل بعد ذلك مستقراً في العلم . ثم ان الكهرمان ليس هو الجسم الوحيد الذي يمكن ان يتكهرب، برأي جيلبرت . ان اكتشافه الرئيسي مكنته من اختراعه لأول الكترولسكوب .

« اصنع بنفسك ابرة متحركة، من اي معدن كان، بطول ثلاثة او اربعة اصابع، خفيفة على محورها مثل البوصلة . من رأس هذه الابرّة قرب قطعة كهرمان او اي شبه معدن محكوك قليلاً، لماعاً ومصقولاً : وفي الحال تنحرف الابرّة » .

وبعدها ميز جيلبرت بين الاجسام فقسّمها الى اجسام « كهربائية » واجسام « غير كهربائية » . ان الجذب الكهربائي بالنسبة اليه، يختلف في طبيعته عن الجذب المغناطيسي . ان هذا الاخير يعود الى « نوع » الجسم اما الجذب الكهربائي فيعود الى « مادة » الجسم المكهرب، والتفسير الذي يقدمه تفسير غريب ولكنه يميّز ذلك العصر . كل الأجسام تنزع الى الوحدة : ان التصعّدت الماثرة بفعل الحك تجر الاقدية نحو الجسم المتكهرب ، عند عودتها اليه . انها ظاهرة شعرية فعلية ويشبهها جيلبرت بجذب الأجسام الصغيرة الموضوعة على سطح الماء .

ولكي يفسر ديكارت الجذب الكهربائي، فانه يستبعد تفسير جيلبرت بواسطة الشعرية

Capillarité ولكن طريقته ليست افضل . ان المادة اللطيفة التي تنفذ في الجسم الكهربائي تخلق فيه نوعاً من الشُرِيطات ان السبب هو في أنه عند حك الزجاج بقرة ، حتى يسخن قليلاً ، تطرد هذه الشُرِيطات خارج مسامه بفعل هذا الحك ، والتي تضطر الى الذهاب نحو الهواء ونحو الجسيمات الأخرى المجاورة ، حيث لا تجد مسامات تستقبلها ، فترتدّ حالاً الى الزجاج ، وترد معها القش من الأجسام الصغيرة حتى تلامس المسامات في الزجاج .



صورة 32 .- آلة أوتو غريك الكهربائية .

(أ) فون غريك اكسبريمانتا نوبا ،

ماغدبورغ ، 1672 ، ص 148 ، صورة V)

لقد حقق روبرويل ، في الكهرباء بعض التجارب المهمة التي أتاحته ، بشكل خاص ، ولأول مرة ، تناظر Reciprocité الجاذبيات الكهربائية ، ذلك أن الجسمين المحكوكين أحدهما بالآخر ، يتجاذبان بالتناظر (دوجات) . أما بشأن تفسير الظاهرة ، فقد أبدى نفس الحذر كما في موضوع التدفقات المغناطيسية . لقد أخذ عن نظريات كابو ، وديجي ، وغاسندي ، وديكارب (وقد بدت له مؤسسة على الخطأ) ، إلا أنه هو ظل انتقائياً Eclectique ، منذ الملحظة التي شرع فيها باختبار فرضية ميكانيكية ، يفعل « انبثاق مادي لجسم جاذب » ، متناسياً الفيزياء القديمة القائمة على النوعة .

وربما استطاعت الكهرباء بفضل « التجارب الجديدة » (اكسبريمانتا نوبا Experimenta nova ، 1672) ، وهو كتاب وضعه أوتو غريك Otto de Guericke ، ان تخطو خطوة جبارة . فقد صنع هذا المؤلف أول آلة كهربائية في « الكهرباء الستاتيكية » ، كتلة من الكبريت « بحجم رأس ولد » ، تحك باليد ، او تثبت فوق محور يدور بها . ووضع تحت المحركات (Rognures) وريقات مختلفة الاشكال ، من الذهب والفضة والورق ، ومختلف البقايا ، تم بعد لمس الكرة بيد ناشقة جداً ، يجري حكها بدورتين او ثلاث دورات او أكثر (صورة 32) . « وبضربة واحدة ، من خلال سلسلة من الملاحظات قام بسلسلة كاملة من الاكتشافات الرئيسية » (ي. بوير) E. Bauer . ولم يكن أوتوغريك الا ليلاحظ النتائج الحاصلة اثناء التجارب العرضية ، دون ان يجرب تجريب المتقصد المهادف الى بحث محدد .

وهكذا لاحظ ان الكرة « جذبت كل هذه البقايا ، واخذتها معها في دورانها . . . ان هذه الكرة لم تجذب فقط بل ايضاً دفعت فيها بعد الاجسام الصغيرة . . ولم تعد تجذبها من جديد ما لم تكن قد لامست جسماً آخر . . الخ » .

ولكن للأسف ، اذا كان أوتوغريك Otto de Guericke قد وصف بدقة كل هذه الملاحظات ، وغيرها من الملاحظات المتعلقة بالظواهرات الكهربائية المهمة جداً ، إلا أنه لم يضع حولها اية نظرية . ولم

يشكل أي مفهوم أساسي من مفاهيم الكهرباء ، التي صاغها غراي Gray و دوفاي Dufay ، بعد حوالي خمسين سنة ، انطلاقاً من نفس الأحداث .

هذا العرض السريع لمعارف القرن 17 في الكهرباء يدل كم كان انتاج هذا القرن، في هذا المجال، بدائياً. ان الكهرباء لم تعد، ابداً ، ظاهرة فريدة واستثنائية، ولكنها لم تكن الا موضوع دراسات تجريبية .

الفصل السادس : كيمياء المبادئ

I - بحثاً عن مبدأ كوني

استعيدت افكار بارسلس Paracelse حول الجوهر البعيد للمادة (Quintessence) ثم شرحت من قبل كل كيميائي القرن 17 تقريباً . وهكذا سرعان ما تحولت بسرعة وادت الى فكرة عامل كوني، مسؤول عن كل التفاعلات الكيميائية . وجوهر تاريخ الكيمياء في القرن 17 يكمن في هذا التطور .

وان تفحصنا عن قرب كل النظريات التي ظهرت قبل ستاهل Stahl، فلا نستطيع الا ان نتأثر باختلاف وتشتت المفاهيم المتكونة . ان المبادئ الثلاثة المباشرة التي اوردها باراسلس Paracelse قد وجدت لنفسها مكاناً الى جانب العناصر المأخوذة عن المشائين Peripatéticiens . ولكن ، فضلاً عن ذلك، ان مفهوم الجوهر Quintessence كان مهيمناً على كل شيء ، دون ان يجد له سبراً في أي من النظامين .

وفيما بعد تغيرت طبيعة ووظيفة الجوهر انما دون ان تتأثر المفاهيم الاخرى الباقية .

ان الجوهر كان في الاساس مكوناً بعيداً للمعادن . فكل معدن له جوهره الخاص، ولكن التطور الطبيعي للمعادن يؤهلها جميعاً لتصبح ذهباً . وكان الكيميائيون الباراسلسيون، يقولون ذاتياً، وموضوعياً بوجود مكون كوني شامل للمادة، على الأقل كنهاية مطاف .

ويبدو ان وجود كائن كيميائي كوني قد سيطر على فكر الكيميائيين حتى ستاهل Stahl هذا الكائن بدا أولاً مكوناً نهائياً، ثم نراه قد ازدوج مع عامل مسؤول عن تحويل المظاهر الفيزيائية للاجسام . وفي النهاية يندمج هذان الموجودان وينطفئان تاركين المجال امام مبدأ كوني من التفاعلات الكيميائية .

فان هلمونت Helmont والتجريب - كان جان باتيست فان هلمونت Jean - Baptiste (1644 - 1577) Van Helmont اول كيميائي اطلق هذا التطور في الافكار . بعد دراسات في جامعة Louvain، وبعد عدة سنوات من السفر، استقر فان هلمونت Van Helmont في منطقة قريبة

من بروكسل هي فيلفورد ، حيث كرس نفسه طيلة بقية حياتا لبحوث في الكيمياء وعلم الألعاب النارية والطب . وقد مارس الطب لغايات احسانية . ونشر عدة كتب في الطب ، وخصص واحداً منها للمغنطيسية الحيوانية . وقد جر عليه هذا الكتاب الحكم من « المكتب المقدس » Saint-Office .

وفي العديد من هذه الكتب عالج الكيمياء . ثم جمع تصوراته المختلفة في كتاب صدر بعد موته « اورتوس ميديسينا » الذي صدرت اول طبعة منه سنة 1648 . واعيد طبع الكتاب عدة مرات . ثم ترجم الى الفرنسية والى الانكليزية ، وقرأه جميع الكيميائيين في القرن 17 .

كان فان هلمونت Van Helmont مجرباً ومفكراً ، وعلم شكلاً جديداً في النظر الى مسائل الكيمياء ، ولكن يبدو جيداً ان اهمية اسلوبه التجريبي قد بولغ في تقديرها . واذا كانت نظريته قد ارتكزت على ملاحظات جيدة العناية ، الا انه لم يقدم نموذج طريقة دقيقة . ان مبادئ مثل هذه الطريقة قد لاقت صعوبات كثيرة لكي تدخل في مجال البحث الكيميائي . واذا كان كيميائيو القرن 17 قد مارسوا ، باكرأ ، الملاحظة النوعية للظواهر ، ويشكل مرضى ، الا انهم لم يعرفوا بممارسة الملاحظة الكمية . ان تجارب فان هلمونت ، وفيها بعد ، تجارب روبرت بويل كانت مشوبة بهذا الشأن بتغيرات خطيرة .

والتجربة الاشهر عند فان هلمونت هي تجربة تنمية نبتة صغيرة من الصفصاف عزاها الى ماء المطر ، حيث ظل يسقيها منه طيلة خمس سنوات⁽¹⁾ . وقد راقب طويلاً تفاعلات تكلس المعادن والأملاح ، وخاصة ملح البارود Salpêtre ، واحتراق الفحم والكبريت ، والتخمر . من هذه الأعمال خرجت فلسفة شخصية حول المادة .

الماء مبدأ مادي - هذه النظرية ترفض العناصر الاربعة المشائية ، كما ترفض العناصر الخمسة الباراسلمسية . كان فان هلمونت مدفوعاً بفكر ديني عميق ، فلم يستطع تقبل تعاليم الفلاسفة الوثنيين من العصور القديمة فضلاً عن ذلك ان وجود العناصر الاربعة الاساسية كانت تكذبه التجربة . فالنار مثلاً لا يمكن ان تعتبر كعنصر بذاته ، بل كعامل تغيير . والدخان هو غاز كاللهب . وهذا الاخير يولد ويزول ، وليس له صفة الجسمية اطلاقاً .

وتأمله في حكايات سفر التكوين حمله على الملاحظة بان الماء يلعب فيها دوراً مهماً . ولذا فقد اسند الى الماء وظيفة المبدأ المادي لكل الاشياء . ومثل الصفصاف يبين كيف حاول ان يبرر به هذا لرأي عن طريق التجربة . وكان يظن انه بهذا يقدم الدليل التجريبي على ان الماء يتحول الى خشب ، ثم بعد الحرق يصبح فيها بعد رماداً ترابياً . وعرف للماء خاصية التكثف الذاتي ، ثم التحول الى اجسام وازنة مثل المعادن . هذه التحولات تتم بتأثير من عوامل ناشطة ، مثل الروح Seminal في المعادن . هذه الروح او المبدأ Seminal ليست ابتداءً من الطبيب الفلمنكي . فذكر هذا المبدأ ورد في النصوص

(1) انظر الفصل 4 من الكتاب 2 ، من القسم الثاني .

القديمة ، وقد استعمله بصورة خاصة باراسلس Paracelse الذي جعله داخلاً في عملية التطور الطبيعي في المعادن .

الالكاهست L'Alcahest - هذا المفهوم اُشاد به فان هلمونت Van Helmont الذي انشأ عاملاً كونياً « الالكاهست » L'alcahest . والنصوص الغامضة قليلاً لمؤلفه توحى بأنه احتفظ لنفسه بكمية صغيرة من هذا المذيب الكوني، دون ان يؤكد على ذلك . ولم يحتفظ منه لمدة طويلة كافية لكي ينفذ عليه كل تجاربه .

وقد ولدت فضائل الالكاهست اعتراضاً مبطلاً تحت قلم بعض المعلقين . فإذا كانت المعادن كلها تذوب بمفعوله، فمن المفروض ان تذوب القنينة التي تحتويه . وإذا فهو غير قابل للمسك، ولهذا لم يستطع فان هلمونت ان يحتفظ بجزء منه في تصرفه . وان هو لم يعرفه، فان قوة تأكيداته سوف تضعف وتتوهن . وإذا كان بعض الكتاب امثال غلوبر Glauber وبيشر Becher قد تجاوزوا هذا الاعتراض فان غالبية الآخرين قد وقفوا متحفظين تجاه الالكاهست . وبعضهم، مثل غلازر Glaser، يذكرونه ولكنهم ينفون معالجتهم له، وآخرون مجرد وجوده . يقول اقولر Etmuller بشأنه: انه غراب ايضاً. الا ان القلة من العلماء اعتقدت بانها لا يمكن ان تسمح لنفسها باغفال ذكره تماماً .

« الغاز »، روح سلفستر - Sylvestre - في كتابات فان هلمونت Van Helmont يوجد ايضاً مفهوم عرف طريقه الى الشبوع فيما بعد هو مفهوم « الغاز » . والكلمة هي من صنع الطبيب الفلمنكي بالذات . فهو قد صاغها كما صاغ كلمة « الكاهست »، من أصل مجهول، واصبحت مألوفة في اسماع وفي انظار معاصريه لانها تشير الى الكلمة الالمانية التي تعني « الروح » . وهكذا اعتمدت من قبل الجميع . وقد سبق ان اوضحنا اعلاه المعنى المحدد جداً الذي أعطي لها يومئذ .

واستعمل فان هلمونت نفسه كلمة « روح » لكي يعرف الغاز انها روح متوحشة، لا يمكن تكثيفها . ولا يمكننا التأكيد بأنه عرف وجود عدة غازات . ويبدو، بصورة اولى، ان كل الاجسام الهوائية الشكل المنتشرة في الهواء قد اعتبرت كغاز واحد، له خصائص متنوعة تختلف باختلاف الظروف .

والغاز قد يكون قابلاً للاشتعال، ولكن المقصود عند فان هلمونت هو غاز آخر يختلف عن الهيدروجين الذي نعرفه نحن . اذ معه وجدت غازات اخرى، كالتي تحصل بفعل تقطير المواد النباتية - هي ايضاً قابلة للاشتعال . ويحدث « الغاز » ايضاً بفعل التخخير، وبفعل الحوامض على الكربونات وبفعل تفكك الاملاح بالحرارة . كل هذه التشكيلة تبدو مخلوطة مع موجود وحيد يتكون من الماء . فبخار الماء المكثف يعطي الماء ، ونلاحظ وجود تكثيف لزج في أغلبية التفاعلات التي تسبب بولادة الغاز .

ثم ان الغاز لا يمكن ان يلتبس مع الهواء . فهذا الاخير يبقى في نظر فان هلمونت احد العناصر التي لا يمكن ضغطها . الوحيد الى جانب المياه، ولكنه لا يدخل كالماء في تركيب المادة . والهواء غير قابل

للتحويل الى ماء ، وكذلك الماء لا يتحول الى هواء ، وتكتف بخار الماء يدل على ذلك ، لاننا نجد الهواء من جهة والماء السائل من جهة اخرى . ولكن الهواء يمكن ان يتحول ان اتحد مع المواد المتطيرة ليعطي « الغاز » . ولكن عندما يتلف الغاز يظل غير متغير . ولكن بخلاف فكرة كانت محسوسة منذ زمن بعيد ، فإن لم تكن مصاغة ، وقد فرضت نفسها ببطء بخلاف القرن 17 ، فإن فان هلمونت لم ير ، على ما يبدو ، ان الهواء يدخل ، بأي حال ، في تفاعلات الاحتراق والتأكسد ، ولا يلعب اي دور في التنفس .

وهو لا يتحد الا مع العناصر ذات الشكل الهوائي . ورغم ما فيه من ثغرات ، يعتبر التفريق الذي اقره فان هلمونت بين الهواء والغاز ، مهماً لانه صيغ لأول مرة فقد بقي الهواء حتى ذلك الحين العنصر الغازي الوحيد ، وكانت استقلاليته مطلقة . وكان فان هلمونت اول من شكك في هذا المبدأ .

الا ان هذه الفكرة لم تأخذ انتباه شراحه . وبدت وكأنها لم تؤثر اطلاقاً في مفاهيم الكيميائيين في القرن السابع عشر . وهذا يعود بدون شك الى كون هؤلاء ومعهم فان هلمونت لم يكونوا يعرفون الوسيلة في الحصول على الغازات والتعامل معها . إذ لم تعرف هذه التقنية الا في وقت متأخر . وبعد ذلك بقليل ضايقَت نظرية السائل الناري الكيميائيين عندما حاولوا ان يستخرجوا من ملاحظاتهم الاولى حول الغازات ما يمكن ان توحى به من استنتاجات .

كيمياء الاملاح - اعتمدت افكار فان هلمونت Van Helmont بشكل متفاوت وبعضها مثل نظرية الغاز كان بعيداً جداً عن افكار العصر ، فلم يأخذ مكاناً في فكر الكيميائيين . وبعضها الاخر مثل افكار الكاهست « Alcahest » ، اصطدمت بتحفظ واع ، ولكنه كان قريباً جداً من التصور التقليدي بحيث لم يكن الا ليؤثر تأثيراً عميقاً في الاعمال وفي النظريات المستقبلية . فالكاهست كان هدف الكثيرين . ولكن القول بوجود مبدأ عنصر مكون شامل وجد تأكيداً كبيراً . ويبدو انه لم يوجد كيميائي او طبيب او فيلسوف قد عاد الى فكرة ان الماء يمكن ان يكون هذا العنصر الاساسي ، والجمع فضل البحث عن هذا العنصر من بين الاجسام ذات التفاعل الاكثر حدة والمعروفة بشكل افضل ، وان تكن خصائصها ليست مفسرة الا تفسيراً غامضاً . ولهذا كانت الاملاح اهم غايات التجريب . والى حد ما لعبت كيمياء الاملاح في القرن السابع عشر نفس الدور الذي لعبته كيمياء المعادن في القرن الماضي وكيمياء السلفورات في القرون الوسطى .

وانطلقت تأملات الكيميائيين من تفاعلات انفجار البارود الاسود او السالتر عند ملامتها جسماً قابلاً للاشتعال . ونظراً لقوته الحادة على الانفجار اعتبر ملح البارود الابيض (نيتر) كعامل شامل مسؤول ليس فقط عن التفاعلات الكيميائية بل وايضاً عن العديد من المظاهر الاخرى الطبيعية التي لها بعض الشبه مع بعض خصائص النيتر ، حتى ولو لم تكن هذه المظاهر على اتصال فيما بينها . وفسر هذا التطور ، جزئياً ، بكون البحث الكيميائي كان يومئذ محصوراً تقريباً بالاطباء ، وتضافرت تأثيرات اخرى لا يبرز تصورات نظرية تبدو غامضة ومشتتة . ولكنها اخذت تبدو اليوم ذات رابط فيما بينها .

اهملت غالبية مؤرخي العلوم هذه المرحلة في الكيمياء ، ربما لانهم نفوا او صدموا بالصفة

الصيبانية (في نظر القارئ العصري فقط) المتجلية في البحوث النظرية التي كانت شائعة في ادب القرن السابع عشر. ومع ذلك فاذا تجاوزنا هذا الموقف المنحاز، وحاولنا فهم روح هذه النصوص وفقاً لاسلوب معاصريها، امكننا امساك الحبيج التي قامت عليها امثال هذه المفاهيم. وهذه المفاهيم تصبح اقل بعداً عن العقلانية ان ربطت بمواضيع اعم حول الملاحظة وحول التفسير. فقد اوضحت عدة دراسات حديثة قام بها بصورة خاصة د. مكي D.Mckie، وج. ر. بارتيتون J.R.Partington، وهانري غيرلاك Henry Gurlac، وماري هال بوا Marie Hall - Boas، موقفاً جديداً في معرفتنا لكيمياء القرن السابع عشر، واتاحت هذه الدراسات فهماً افضل لتطور الافكار الذي ادى الى وضع اولى النظريات حول الاحتراق.

النيترو او ملح البارود الابيض في النظريات الكيميائية - لقد تعجب المؤرخون في بادىء الامر. من قيام مؤلفين امثال جون مايو John Mayow (1641 - 1679) وروبر هوك Robert Hooke (1635 - 1703) بتسمية، مبدأ الاحتراق والتنفس باسم النيترو الهوائي. وهذه التسمية تنم عن التباس عميق. في حين ان مايو Mayow اعتبر سلفاً عبقرياً للافوازيه، بعد ان اعتبر طيلة اكثر من قرن مجهولاً. واليوم نستطيع توضيح اهمية التسمية .

ان كلمة نيترو Nitre وردت على قلم مايو Mayow لانه كان مستعملاً في مجالات كثيرة تقريباً منذ بداية القرن السابع عشر. ان خصائص النيترو كانت معروفة تماماً. فقد استخدمت في الالعاب النارية وصناعة المتفجرات كما استخدمت في الزراعة. واقران قوة النيترو كسماد وقوته كمتفجر كان في اساس الفكرة القائلة بوجود نوع من النيترو في الهواء هو سبب الصواعق والبروق، كما ان قدرته التخريبية تظهر في المطر وفي الثلج. فضلاً عن ذلك يبدو ان الكيميائي والفيزيائي الهولندي كورنيليس دريبيل Cornelis Drebbel نجح في اعداد غاز ينشط التنفس، وهو الاوكسجين، عن طريق تحليل وتفكيك النيترو. وقد دلل على الاقل انه يستطيع بهذا الاسلوب جعل جو الباخرة الغياصة قابلاً لان يعاش به. وذكر بويل Boyle هذا الحدث سنة 1660 عندما عرض افكاره حول التنفس. ودون ان نستطيع توضيح الظروف بصورة ادق، اصبح النيترو عنصراً كونياً. حتى قال ن. لوفيفر: «الشمس هي التي تولد النيترو» .

وقد لاحظ الاطباء والكيميائيون من زمن بعيد ان وجود الهواء ضروري من اجل التنفس والاشتعال. هذه الفكرة التي وردت بدون ايهام في نصوص من مطلع القرن السابع عشر، وقد استعبدت كثيراً، كانت قسماً من ارث مشترك غير مجادل به منذ زمن بعيد. واعطاها روبر بويل Robert Boyle (1627 - 1691) وضرحاً اكبر. وخلال البحوث التي اجراها بواسطة المضخة الهوائية الماصة التي ابتكرها وصنعها بمساعدة هوك، لاحظ ان جسماً شديد الاشتعال مثل الكبريت لا يلهب في الفراغ، في حين ان الجسم المشتعل ينطفئ فيه وان الحيوان لا يعيش طويلاً بدون هواء .

لاحظ اوتو غريك Otto de Guericke ان الجسم المشتعل ينطفئ داخل غرفة مغلقة. وقد وصفت تجاربه من قبل اليسوعي كاسبار سكوت Kaspar Schott سنة 1657، وبدأ بويل Boyle

بحوثه الخاصة منذ السنة التالية وعاد إليها بعدة مناسبات . وخلال السنوات التي تلت اهتم عدة مؤلفين بهذه التجارب وقدّموا عنها شروحات بينت، بشكل وياخر اهمية وجود الهواء . وتكلم هوك عن هذه الظواهرات في مداخلات عدة وفي كتابه ميكروغرافيا المنشور سنة 1665، وقدم جون مايو John Mayow اول نظرية حول التنفس سنة 1668 في كتاب سماه تراكتاتوس ديو Tractatus Duo خصص القسم الاول منه لهذا الموضوع ثم عرض وجهات نظره حول التنفس والاشتعال سنة 1674 في كتاب اسفه تراكتاتوس كينك Tractatus quinque . . .

وقد ادخل اكثر هؤلاء الكتاب عاملاً خاصاً بوجوده في الهواء شبهوه بالنيتروجين : وسماه بويل Boyle النيتروجين الطيار . واعتبره هوك Hooke كمادة تشبه المادة الموجودة في الساليتير او ملح البارود، ان لم يعتبره نفس المادة . واخيراً قال مايو Mayow ان الهواء يتضمن جزئيات نيتروجينية هوائية . وسوف تعود الى هذه النظريات . اما الان فتتابع تشكل وتطور هذه الفكرة فكرة العنصر المنتشر كونياً والمسؤول عن كل التفاعلات .

وفي نظر الكيميائيين في الحقبة الواقعة بين 1660 و1675 تقريباً لم يعد النيتروجين الموجود في الهواء « غازاً » بالمعنى الذي فهمه فان هلمونت Van Helmont بل ملحاً . لا شك ان القصد لم يكن جسماً ملحياً بالمعنى الصحيح بل اثيراً ذا طبيعة ملحية يستخرج من اصل يسميه باراسلس Paracelse ملحاً . وكان الطبيب الالماني إتمولر Etmuller يعرف في تلك الحقبة ملحاً « منتشرشاً في تكوين العالم عبر الكون يسمى بالعامية روح الكون عندما يختلط في الهواء » . ويضيف : « ان الملح الكوني يولد في مختلف اصول الاشياء ملحاً خاصاً له شكلان او نوعان : الاسيد او الحامض ثم القلوي » .

التضاد بين الحامض والقلوي - هذه الفكرة تتوافق تماماً مع الافكار التي كانت مقبولة عموماً . ويجب ان لا يبرز بسرعة التناقض الظاهر في العامل الفريد الذي يفتش عنه كل الكيميائيين، وبين ثنائية الحامض والقلوي . يقول إتمولر Etmuller بصراحة ان الاخيرين يولدهما الكيميائيون وكل واحد منهم يقع بصراحة على توكيداته . فالملح الذي كان يمكن ان يكون عاملاً سلبياً يصبح خيضة ناشطة بفضل التضاد بين الحامض والقلوي .

والمكانة التي احتلها هذا التضاد في نظريات آخر القرن السابع عشر، تتميز بالفكر الكيميائي السائد في ذلك الحين . وعملية التحييد او التعطيل، الذي تحدث احياناً مقرونة بالفوران، مع تصاعد حراري دائماً ، هذه التفاعلية توحى بصور عن معركة وعن تداخل متبادل وهذه الصور تتوافق تماماً مع التفسيرات الميكانيكية لظواهرات طبيعية سادت بعد موت ديكارت .

يعزى عموماً الى نيكولا لييميري Nicolas Lémery (1715-1645) اوبة هذه التفسيرات التي في الواقع نجدها عند الكثيرين من المؤلفين الذين سبقوا هذا الاستاذ الشهير .

في كتاب لكريستوف غلازر Christophe Glaser اسمه كتاب الكيمياء ، كتبه سنة 1663، يصف هذا المؤلف مختلف العمليات التي تتيح « فتح المختلطات »، وبقية الكتب في نفس الحقبة كتبت

بنفس العقلية . فقد نشر كيميائيون كثيرون دراسات صغيرة مخصصة بالحامض وبالقلوئ . وفي سنة 1672 قام طبيب من كين اسمه سان اندري Saint André يؤكد ان المبادئ الثلاثة الباراسلسية كانت متكونة من مبدئين اخرين أبسطها الملح الاسيد والملاح الحد أو القلوئ . يقول : « الملح الحد هو جسم بسيط ناعم الصورة يتخمر مع القلوئيات ويشكل روح كل المركبات . والملاح الحد هو ملح بسيط مجوف يتخمر مع الاسيد (الحوامض) ، ويتدرب منه الفيتريول او سلفات الحديد في الماء » .

ووفر ظاهرة التحيد أو التعطيل كما يلي : « ان حبيبات الحوامض تشبه في كبرها وفي صورتها ثقبوب القلوئيات فتملأها تماماً بحيث ان اي حامض جديد لا يجد فيها اية مسامة فارغة تستطيع ان توقف حركته . وعندئذ يعمل هذا الحامض بقوة وعنف بحيث يستبعد الاجزاء المندمجة في هذه الاجسام بعضها ببعض . فيدفع بعضها الى جهة ، وبعضها الاخر الى جهة اخرى . ولا يتوقف عن تحريكها وعن خضها الا اذا فصل عنها » .

كل وصف هذا المؤلف يركز على مثل هذه البراهين . وربما كانت هذه خاصة به . الا ان الكثير من زملائه اوردوا شبيهات لهذا الوصف في نفس الحقبة . ولم يكن ليميري Lémery ، الذي نشر كتابه عن الكيمياء لأول مرة سنة 1675 ، هو مؤلفه ، كما انه لم يكن اول كيميائي يعلم ويكتب بالفرنسية .

كتب الكيمياء - ان الاهمية التاريخية التي تسند بوجه عام الى ليميري Lémery مبالغ فيها . وترتكز هذه الاهمية على المديح الذي خصه به فونتانييل Fontenelle . فقد عمد هذا المؤرخ الشهير في الاكاديمية الفرنسية الى الاشادة بذكر ليميري Lémery ، واسند اليه كل الوضوح الذي دخل على الكيمياء في تلك الحقبة . وقد قارن كتاباته البسيطة الواضحة باللغة غير المفهومة عند غلازر Glaser . وقد اعتمد ج . ب . دوماس J.B.Dumas بعد قرن من الزمن حكم فونتانييل Fontenelle دون تحقيق وثبت .

والواقع ان كتب الكيمياء والمحاضرات التي نشرت قبل ليميري Lémery هي ايضاً واضحة وكاملة مثل كتبه ، وخاصة على الاقل كتب النصف الثاني من القرن . وكانت هذه الكتب كثيرة العدد . وكانت الصفة العملية الغالبة في الكيمياء التطبيقية والمطبقة على الطب وعلى الصيدلة ، تجعل من هذه الكتب مواضيع سهلة البيع والقليل منها لم يعد طبعه عدة مرات ولم يترجم الى لغة اجنبية . واحد اقدم هذه الكتب حرر حوالي (1610 - 1612) من قبل جان بيغين Jean Béguin ، مرشد الملك . وقد ترجم عن اللاتينية وعدل به قبل موته ونشر سنة 1615 باسم عناصر الكيمياء . وفيه عرف بيغين الكيمياء بانها فن تحضير الادوية بحيث تكون اطيب مذاقاً وأكثر شفاءً وأقل خطراً .

واعطى باراسلس Paracelse نفسه للكيمياء تعريفاً اكثر حداثة واخذ غلازر Glaser هذا التعريف سنة 1663 بتعابير قريبة جداً : « الكيمياء هي فن علمي به نتعلم تذويب الاجسام لاستخلاص الجواهر المختلفة منها والموجودة فيها ، لاعادة جمعها وتجميعها لتجعل منها اجساماً فعالة » .

كان كريستوف غلازر Christophe Glaser (1628 - 1672 ؟) استاذاً للكيمياء في بستان

الملك . وقد خلف في هذا المنصب نيكيز لوفيفر 1610 - 1669 Nicaise Lefebvre . وكان هذا الاخير ايضاً صاحب كتاب في الكيمياء اتخذ نموذجاً لكل الكتب التي جاءت بعده . وعلى العموم ، كانت هذه الكتب مؤلفة من اربعة اقسام مفصولة عن بعضها نوعاً ما . في العموميات كان الكاتب يعرض القسم النظري ، ويصف الازوية والافران والاطيان والعمليات المخبرية المتنوعة . ثم يخصص اساس الكتاب للمعادن واشباهها ومشتقاتها . وبعدها يخصص قسماً اقصر للمستحضرات المستخرجة من النباتات . اما القسم الاخير ، والموجز فيخصص للمستحضرات المأخوذة من الحيوانات .

وكان يساعد على نجاح هذه الكتب ، نجاح التعليم . فقد كانت الكيمياء تعلم منذ قرن في كل كليات الطب . ولهذا اخذ عدد الكيميائيين يتزايد مما يساعد على تقدم العلم .

توحيد التسميات او الجداول - منذ ان يالف قارئ اليوم لغة القرن السابع عشر ، فانه يستطيع بدون جهد ، قراءة كتب ذلك الزمن ، وهذا الاعتياد ليس صعباً لان التسميات قد توحدت بفعل الاستعمال ولم تكن تتضمن في ذلك الوقت كلمة عامة تدل بشكل منهجي على كل فئة من الاجسام . فكلية أسيد وكلمة قلوي كانتا شائعتين في الاستعمال . وكان هناك القلوي الثابت مثل السودا والبوتاس والقلوي المتطير مثل الامونياك .

اما الحوامض او الاسيد فكانت تسمى بالارواح . وكلمة كلس وتراب اخذت تطلق على الاوكسيدات اما كلمة فيتريول فتشمل كل السلفات . ونجد ايضاً كلمة « ريفول » للدلالة على الاثمد وعلى الزرنخ غير المخلوطين بغيرهما . وتطلق كلمة زهرة على المستحضرات المسحوقة التي يحصل عليها بالتكرير مثل الكبريت او بعض الاوكسيدات . اما كلمة بلسم فتطلق على مستحضرات اكثر تعقيداً .

وكانت هناك ثغرات ما تزال كما كان يوجد تفارق في التسميات ، ولهذا التفارق ناتج عن رغبة كل مؤلف في الكشف عن تحضير دواء جديد . وفي كل كتاب ، كانت اوصاف الاجسام والاساليب في تحضيرها متنوعة بشروحات طبية وفرمشانية . وكانت هذه التفصيلات تزيد في غموض النص . ولهذا كانت الكتب الاكثر وضوحاً هي التي كتبت من قبل مؤلفين لم يكونوا فرمشانيين او صيادلة مثل كتابات تيبوت اللوريني Thibaut le Lorrain او مات فافور Matte la Faveur ، وكلاهما مقطر وشارح للكيمياء .

تعريف الاسيدات - يلاحظ القارئ ، في كل هذه الكتابات الدقة المكتسبة حول طبيعة وخصائص الاسيدات ، ان عدد الاسيدات المعروفة لم يزد . ولكن اسلوب تحضيرها قد استقر ، وان كان التحضير قد قصر يومئذ على مستحضرات مخبرية لا منتجات صناعية .

ويذكر ان الماء الثقيل يتميز في اغلب الاحيان عن الاسيد نيتريك ، فالكلمة الاولى كانت يومئذ تستعمل للدلالة على الماء الملكي (الذي يحلل به الذهب) (وهو مزيج من اسيد نيتريك واسيد كلوريدريك) . اما روح الفيتريول ، او اسيد سلفيترك ، فيتميز عن زيت الفيتريول الذي يتوافق مع ما يسمى اليوم او الاوليوم ، اذا اخذنا بعرض وسائل انتاجه .

كل ذلك يفسر كيف ولماذا ثبت الميل الى اعتبار الاسيد كعامل شامل. ورغم ان هذا التصور قد استقبل استقبالا حسنا، الا ان نجاحه كان قصير الامد. ويبدو انه قد ساد طيلة حوالي عشرين سنة. لا شك ان اعتراضات بويل Boyle قد عملت كثيرا لتحد من تقدمه.

لقد بين العالم الانكليزي الكبير كم كان تعريف الاسيدات غير كاف. ان هذه كانت تتميز بغليانها عند ملامسة القلويات، التي كانت هي ايضا تعرف بنفس المظهر عند ملامسة الاسيدات. وقد قطع بويل هذه الحلقة عندما اكتشف شراب الفيليت (البنفسج) يتغير لونه بحسب ما اذا مزج بالاسيد او بالقلوي. وهكذا ادخل في التحليل الكيميائي استعمال المؤشرات الملونة. واعطى ايضا الوسيلة لمعرفة املاح النحاس والحديد والفضة بواسطة تفاعلات ملونة او بواسطة ترميمات. وبين ان الاسيدات قابلة للتفكك وان الاسيد لا يمكن ان يكون لا عاملا شاملا ولا عنصرا شاملا.

فضلا عن ذلك لم تكن البراهين لقوت فكرة نيرا، ليين ان عددا كبيرا من الاجسام لا يحتوي اي
آسيد

مفاهيم روبرت بويل Robert Boyle - شملت انتقادات روبرت بويل المفاهيم المقبولة نظريات المشائين ونظريات باراسلس Paracelse. وكما فان هلمونت Van Helmont انكر بويل على النار كل صفة جسمانية، ورد المفهوم القائل بان المبادئ الثلاثة الاخرى يمكن ان تكون الوحيدة المكونة للمادة. وفيما يخص المبادئ الثلاثة حرص على تبين مدى غموض هذه المفاهيم ومدى الاختلاف في تفسيرها. والتعريف غير الواضح للمبادئ يترك دائما مجالاً للشك في طبيعة المبدأ الذي يقول به الكيميائي. ويكون عدم اليقين مزدوجاً. من جهة من الصعب معرفة ما يفصل المبدأ غير الجسدي والجسم المادي المسمى بنفس الاسم، ومن جهة اخرى اسناد الصفات (التبخيرية، اللون، النخ) الى مبادئ مختلفة باختلاف المؤلفين. واخيراً لا تمتلك اي اثبات، تجريبي او ميتافيزيكي يثبت ان المركبات يمكن ان تتحلل الى هذه المبادئ الثلاثة او الى واحد منها.

عرف بوال الاجسام البسيطة والبدائية كتلك التي تتكون منها المركبات (او الخلائط) والتي تشكل الكلمة النهائية كلمة (حل). ان هذا التعريف له الكثير من الشبه الظاهر مع التعريف الذي وضع بعد ذلك بخمس وعشرين سنة من قبل لافوازيه Lavoisier. الواقع، في ذهن بوال Boyle، ان هذا التعريف يمثل، بصورة اولى استنتاجاً شفوياً، يركز على بعض الملاحظات الاجمالية لا على التبيين التجريبي.

ان هذا التعريف يتعارض بصورة خاصة مع المفاهيم السكولاستيكية القديمة والباراسلسية، ولكنه يبدو اكثر قرباً الى افكار فان هلمونت Van Helmont، منه الى افكار لافوازيه Lavoisier.

ولكن لا يمكن ربط مفاهيم الفيزيائي الانكليزي بمفاهيم الطبيب الفلمنكي.. اذا كان بوال Boyle يلمح ولا يؤكد، الى وجوب وجود نوع من الوحدة في المادة، فانه مأخوذ بفلسفة ميكانيكية للطبيعة تقتضي تركيباً جسيماً للمادة. ان الاجسام البسيطة هي التي تشكل الاجسام المركبة، حسب

قوله ، ولكن هذا لا يثبت أن كل ما يمكن استخراجه من المركب بالنار أو بأية وسيلة أخرى كان موجوداً فيه بفعل سبق التكوين. وكذلك أنه من غير المؤكد أن تفكيك المركب يعطي دائماً نفس الأجسام البسيطة ، ان استعملت عوامل تفكيك مختلفة . وهكذا في ذهن بويل Boyle يعتبر مفهوم العنصر ، وهو الحد النهائي عند التفكك الكيميائي ، قديماً من الناحية الميتافيزيقية . ان الاختلاف في ترتيب الجزيئات ، وتنوع حركتها يمكن أن يعطي للعناصر مظاهر مختلفة .

وكانت منشورات بويل حول مواضيع الكيمياء متعددة نوعاً ما. ولكن جوهر أفكاره موجود في كتابه الرئيسي « الكيميائي المشكك » المنشور لأول مرة في اوكسفورد Oxford سنة 1661.

II - نظرية الفلوجستيك أو السائل الناري

كانت كتابات بويل Boyle مقروءة جداً وموضوع نقاش حماسي. ورغم أن الأفكار التي قدمتها هذه الكتابات والانتقادات التي وجهتها الى الانظمة القديمة ، قد قبلت لدى عدد كبير من المعاصرين ، الا انها لم تكف لردع الكيميائيين عن السعي الى ايجاد عامل كوني معترف به بالاجماع . ومرة اخرى جاءت المفاهيم الجديدة تنضاف الى القديمة ولكن الرغبة لم تخف حداثتها بهذا الشأن.

التكوين الجسيمي للمادة - ان المنازعات التي شغلت اواخر القرن 17 والسنوات الاولى من القرن 18 لم تتناول كثيراً أسس نظريات ارسطو ونظريات باراسلس Paracelse ، كما ارادها بويل ، بل تناولت التكوين الجسيمي للمادة ، وتفسيرات التفاعلات ، وبصورة رئيسية تأثير الاسس (القواعد Bases) على الاسيدات . هذه المناقشات الطويلة كان من نتيجتها تزكية المفهوم الجسيمي - عموماً ، مما اتاح ادخال فكرة التجاذب الذي سوف نذكر تاريخه . ولكنها اغفلت عدداً كبيراً من الدلائل التي اناها وجود الذرات . لقد تميزت هذه الحقبة بجهود كبرى تحليلية من اجل وضع الرسيمات التمثيلية الأكثر تنوعاً ؛ الا ان اياً منها لم يستجمع الموافقة العامة . ولن ندخل في تفصيلات هذه البحوث التي تدخل في تاريخ النظريات الميتافيزيقية حول المادة اكثر مما تدخل في نظرية تقدم الكيمياء

ولكن نحدد الإشارة الى ان هذه النظريات كان لها تأثير كبير على الكيمياء . فهي بتعويدها الاذهان على تعريف معين للذرة ، وبتروسيها مبدأ عدم تحطم الذرة ، وثبوتها وخصوصيتها ، قد اعدت الاذهان لمحيء فكرة الجسم البسيط التي صاغها لافوازيه Lavoisier في سنة 1780 ، ولحجيء النظرية الذرية الحديثة كما عرضها دالتون Dalton حوالي 1805 .

ظهور الفلوجستيك او السائل الناري - في الوقت الذي كانت تجري فيه هذه المناقضات ، وتزدهر الكتابات حول بنية المادة . ادخل حدث مهم الوحدة المبتغاة جداً في نظرية الكيمياء : لقد اخترع ستاهل نظرية السائل الناري .

ان الفكرة القائلة بان العامل الكوني لا يمكن ان يكون الا مبدأ النار ، صاغها الكيميائي الالماني ح . يواكيم بيشر J. Joachim Becher 1635-1682 . قال هذا الأخير بوجود مكونين للمادة: الماء

والتراب. ولكنه ميز بين ثلاثة انواع من التربة، التربة الزجاجية والتربة المادية والتربة المشتعلة. واعطى ستاهل Stahl لهذه الاخيرة اسم فلوجيستيك. ولولا قيام ستاهل 1703 بتطوير فكرة الفلوجيستيك، وقيامه ايضاً باعادة طبع كتاب «فيزيكا سب ترانا» الذي كتبه معلمه ثم كتاب سبسيمن بيشيريانوم Specimen Beccherianum الذي يحتوي اساس نظرية بيشر Becher، لبقيت كتابات هذا الاخير مجهولة تقريباً.

كان جورج ارنست ستاهل George Ernst Stahl طبيباً وكيميائياً 1660 - 1734. وقد علم في جامعة هال Hale. واوجد في الطب نظرية الاحيائية التي لاقت نجاحاً عظيماً. وكان موهوباً في رؤاه التركيبية التي عرضها في العديد من كتاباته بحماس وبمعلقة قليلة. وكان يكتب مثل الكثيرين من مواطنيه باللاتينية وبالالمانية مختلطتين في جملة الطويلة جداً في بعض الاحيان. وظهر عرضه الاول لنظرية الفلوجيستيك سنة 1697 في كتاب اسمه اكسيريمتا Experimenta... وقد وسع النظرية في عدة كتب نشرت بخلال السنوات الخمس والعشرين اللاحقة. ولكن افكاره لم تعرف الا من خلال كتب شرابه ومنهم جنكر Juncker في المانيا وسيناك Sènac في فرنسا.

ويجب ان لا يخلط بين الفلوجيستيك Phlogistique او النار المبدأ، والنار المرئية، او ان امكن القول النار المادية، التي تظهر باللهب وبالحراة عند الاحتراق. ان الفلوجيستيك هو عنصر غير قابل للوزن او الاحاطة. وهو موجود في كل الاجسام القابلة للاشتعال مثل الكبريت والفحم والزيت، وفيما بعد الفوسفور واثاء الاشتعال يتفصل عن هذه الاجسام. وخسارة الاجسام المحترقة للفلوجيستيك هي السبب في تغير خصائصها. من ذلك ان الكبريت اذا حرم من فلوجيستيكه بالحرق يعطي الاسيد الفيتريولي، والزيت تعطي الماء وبعض البقايا التي هي زيت محروم من فلوجيستيكه. وحرق الزيوت والنباتات يسبب ظهور الفحم، والشحار الدخاني او فحم الخشب. ان الفلوجيستيك الموجود في الجسم المشتعل قد تجمع في الفحم. ولما كان الفحم يزول عند احتراقه تماماً، فمن المعقول اعتباره وكأنه متكون بكلية من الفلوجيستيك. ولم يذهب ستاهل الى القول بان سواد الدخان هو الفلوجيستيك النقي، لأن الفلوجيستيك لا يمكن عزله. ولكن آخرين أشاروا الى هذا بعده وربما لم يناقضهم ستاهل في ذلك.

تكون وتحول الاكلاس المعدنية - وبرز ما في النظرية هو المظهر المغلق في تحول المعادن الى كلس، او تراب او اوكسيد، ثم تحول الاكلاس الى معادن. وتكون المعادن اغنى بالفلوجيستيك كلما كانت اسهل تحولاً. والمعادن الكاملة تحتوي القليل منه او تخلو منه تماماً. فاذا تكلس المعدن في الهواء يفقد فلوجيستيكه. ووجود الهواء معروف بانه ضروري منذ زمن بعيد لتحول المعدن الى كلس. ويعطي ستاهل لهذا الشرط تفسيراً ميكانيكياً يتلاءم مع عقلية العصر. الهواء يحرك جزيئات الفلوجيستيك وعندما تسرع الحركة يتفصل الفلوجيستيك. وتتم العملية ذاتها في كل الاحتراقات. وفيما بعد طبقت على التنفس.

الا ان تحول المعدن الى كلس يحصل عن طريق الرطوبة، فالمعدن بعد تذيويه في الاسيد

فيتريونيك، او روح النيتّر (اسيد نيتريك) والملح يتكلس فيبقى الكلس المعدني. واثناء هذه التحولات، يتحد جسم مزود بالفلوجيستيك (المعدن) بجسم محروم منه (آسيد). ويتسبب التكلس بذهاب الفلوجيستيك من المركب الذي يتحول بالتالي الى كلس.

وتحول الكلس هو نتيجة استحصاله على فلوجيستيك من الفحم؛ الامر الذي يحمي المعدن. وهناك مهمة برزت في الحال. ان تحول المعدن الى كلس يقترن بزيادة وزن الماتّة، اما اعادة احياء المعدن فتقترن بنقص في الوزن. وهناك على ما يبدو تناقض ظاهر مع الواقع القائل بان خسارة الفلوجيستيك تقترن بزيادة الوزن، وتثبيت الفلوجيستيك يقترن بنقص في الوزن. هذا التناقض فاضح بالنسبة الى كل ناقد عصري ثبت في ذهنه وجود علاقة ثابتة لا رجعة فيها بين المادة والوزن. هذه العلاقة كانت اقل بروزاً في نظر كيميائي النصف الاول من القرن 18. بلى وحتى كانت غير موجودة عند البعض منهم. يجب ان لا ننسى بهذا الشأن، بان الفلوجيستيك لما كان مبدأ، فهو لا يخضع لثوابت المادة؛ فهو لا وزن له ولا كثافة، وربما كان حجمه له بعض الاعتبار. وقد كان كذلك. وقد بدأ ستاهل باعطائه خاصية الكائن القابل للانتشار. ثم سحبها منه فيما بعد. وتفسيراته للظاهرة المزعجة قد تغيرت قليلاً مع الزمن.

فقد زعم أولاً ان هذا الفرق في الوزن يعود الى ان المعدن وهو يخسر قسمه القابل للاحتراق اثناء التكلس، يزداد قسمه المحدد وزناً من جراء ذلك. وبعدها قال بان ذهاب فلوجيستيك يترك فراغات في المادة فيضغظها الهواء ويجعلها اوزن. وليس من المؤكد ان يكون الغموض بين الوزن والثقل النوعي قد خفي عليه تماماً، ولا على تلاميذه. وإذا فهو لم يكن على يقين، إن ما عنده مجرد إحياء يسمح برؤية طبيعة الأسباب الحقيقية للظاهرة، وان لم تكن قد توضحت بعد.

نجاح الفلوجيستيك واسبابه - لم تكن المسألة هي مسألة اصلاح النظرية او ادانتها، لانها لا تشرح زيادة وزن المعادن المتكلسة، بل ابقاء الظاهرة ضمن حدود النظرية وكان في هذا الموقف سبب دامغ: لا توجد اية نظرية اخرى تشمل مجمل المعارف الكيميائية يمكن ان تقف بوجه نظرية الفلوجيستيك. ان هذه تبدو تنويعاً لتطور الكيمياء منذ نشأتها لانها تجعل من الفكرة القديمة فكرة المبدأ معتقداً بيّناً. فالفلوجيستيك لم يكن على الاطلاق كائناً من نسج الخيال. لقد كان الشيء المنتظر منذ زمن طويل. انه شيء من نفس نوع بعض العوامل الاخرى التي لا تمسك ولا توزن، والتي لم يوضع وجودها موضع الشك والتي يلعب بعضها دوراً معروفاً في عمليات الكيمياء، مثل الضوء والمغناطيسية والكهرباء. وكانت هذه الاخيرة معروفة بصورة افضل منذ نصف قرن تقريباً. وقد سبق لستيفن غري Stephen Gray ودوفاي Dufay ان اعطيا عنها القوانين الاولى، في الوقت الذي كان فيه نظام ستاهل Stahl يثبت نفسه. لم يكن، من الجسم الاكثر حملاً للفلوجيستيك، وهو الكبريت، أوتوغريك Otto de Guericke قد استمد الاثار الاولى الكهربائية القابلة للتطويع ؟

واخيراً لم يكن نظام ستاهل يتناقض مع اي مفهوم من المفاهيم الميتافيزيكية الكبرى. فقد كان يرضي الديكارتيين لانه يعطي معنى كيميائياً لمفاعيل الحركة، وانه كان يعطي اهمية لمظهر المادة وشكلها

أكبر من الأهمية المعطاة للجاذبية الأرضية ، كما أن صورة الجزيئات كانت تتعلق بالحالات الفيزيائية ؛ كما كان يرضى الذريين رن مفهوم الجزيئات كان في أساسه ؛ وسوف يرضى النيوتونيين لأنه كان يتلاءم تماماً مع مفهوم التجاذب أو الإلفة ، كما وإن الفلوجيستيك استطاع أن يكون في رأس العامود في جداول التالف والتجاذب :

شمولية الفلوجيستيك - لقد ساد الفلوجيستيك بدون منازعة لانعدام المزاحم . وكانت شموليته ترضى نفسية الكيميائيين . وهذا الشأن لم يتوقف ستهل عن ظاهرات الاحتراق . كانت كيميائه ترتكز على قاعدتين افتراضيتين . الأولى تجعل من الفلوجيستيك العامل الذي سبق ووصفناه . والثانية تقول أن الأجسام تجذب مثيلاتها وأشباهها . فعندما يتكون جسمان من نفس المبدأ فإنها يتحدان بفضل هذا العنصر المشترك . وتلتصق خلاياهما من جوانبها الأكثر تشابهاً . وهكذا يشرح تكون الأملاح ، كما يشرح قابليتها للذوبان في الماء وتكون المزائج المعدنية .

وقد طور ستهل نظريته حول الأملاح . فقد رأى نوعاً من التشابه التركيبي بين الأملاح والقلويات . وهناك أسيد شامل يدخل في تكوين الأسيدات . هذا الأسيد إذا اتحد مع الفلوجيستيك ، بفعل المزج كون الأسيد نيتريك . وهذا الأخير يأخذ من الفلوجيستيك خصوصية تذويب المعادن عملاً بقاعدة التشابه . وهناك ملح أساسي يمتزج بالفلوجيستيك فيعطي القلويات . ومن الأول ، أي من الملح الاساسي يأخذ القلوي ذوبانيته ويأخذ من الفلوجيستيك حدثه وقلبه .

إن الفلوجيستيك لم يكن فقط عامل الاحتراق بل هو في أساس الخصائص الكيميائية وحتى الفيزيائية الرئيسية مثل الرائحة واللون .

وكان الكيميائيون في مطلع القرن الثامن عشر منقسمين وغير واثقين ، فاستقبلوا نظرية الفلوجيستيك بحماس لأنها تتجاوز مع توقعاتهم . ومن اليسير على مؤلف معاصر أن يثبت ضعف وتناقض هذه النظرية وذلك باثبات خطأ أساسي في قاعدتها .

هذا الخطأ الأساسي الذي لم يناقش والذي يعتبر غير جدير بالمناقشة ، منذ قرن ونصف ، لم يكن بالإمكان أخذه بالاعتبار من قبل معاصري ستهل لأنهم لم يكونوا يتوقعون وجود غازات . وتفهم أهمية الفلوجيستيك التاريخية بصورة أفضل أن حاولنا ، متجاوزين هذا الخطأ ، فهمه كما فعل الكيميائيون في القرن الثامن عشر . إذ كيف يفهم بشكل آخر العناد والصلابة التي دافع عنه بها ضد هجمات لافوازييه ؟ .

هل يتوجب ، كما فعل الكثير من المؤرخين ، أن يكون كل الكيميائيين الذين حاربوا أفكاره أو وقفوا منها موقف اللامبالاة ، أن يكونوا أغبياء فيدافعوا مناققين عن براهين باطلة ؟ .

إذاً يجب أن نضع بينهم اشخاصاً أمثال برستلي Priestley وشيلي Scheele ، وكافنديش Cavendish ، وماكر Macquer وكيروان Kirwan وريختر Richter . ويبدو من العدل اعتبار نظرية ستهل بمثابة نظرية عظيمة .

الكتاب الثاني :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :

علم الحيوان (زيولوجيا)

I - المعارف الزيولوجية

موسوعة الدروفاندي Aldrovandi لاأخذ فكرة عن حالة علم الحيوان في بداية القرن السابع عشر، يجب استشارة الموسوعة الكبيرة في عشرة مجلدات من القطع الوسط التي وضعها اوليس الدروفاندي Ulisse Aldrovandi ، 1552 - 1605 ، الذي كان استاذاً في جامعة بولونيا. وكان الكتاب قد اعد بخلال نهاية القرن السادس عشر. ولكن مجلداته نشرت بين 1599 - 1616 . ونحن نستطيع بحق ان نأخذ كنقطة انطلاق .

نعرض أولاً مجملًا للنظام الذي اتبعه المؤلف في تصنيف الحيوانات. القسم الاول يتضمن الحيوانات ذات الدم الاحمر والتي تطابق ما يسمى في ايماننا بالفقریات . وهذه مقسمة الى :

I - رباعيات الاقدام الثديية الولادية .

II - رباعيات الاقدام - البيضية .

III - الطيور .

IV - الاسماك - الحوتيات .

V - الحيات - الثنينات .

والقسم الثاني يضم كل الحيوانات التي دمها غير احمر. هذه العلاقات هي ما نسميه باللافقریات وتتوافق مع - انيمات Anaimes ارسطو وهي تقسم الى :

VI - الرخويات .

VII - الصدفيات

VIII - القشريات .

IX - الحشرات .

X - الامفنجيات .

يمكن ان نعجب من ضخامة الكتاب. وذلك انه يعنى بصورة خاصة بالتاريخ الادمي للحيوانات

حيث الوصف الزبولوجي مختصر. فمن اصل 294 صفحة مخصصة للحصان يوجد فقط ثلاثة اواربعة تعالج الصفة الزبولوجية للحيوان. أما البقية فهي تجميعات واسعة، مع ذكر أسماء المؤلفين، لكل ما كتب عن الحصان أو نقل أو زعم من جميع الأوجه: ترادف، مسكن، تربية، مزاج، عاطفية، أمانة وسماحة، ذاكرة، توالد، محبة وكره، استخدامه في الحروب وفي الألعاب والانتصارات. لم يُنس شيء: الأساطير مثل التضحيات والتحولت، والأحصنة الاسطورية والسانتور (كائن خرافي نصفه إنسان ونصفه حصان). ويخصص قسم للامثال المتعلقة بالاحصنة وصورها المرسومة أو المحفورة أو الموسومة على النقور والميداليات الخ. وهنا يتبع الدروفندي أسلوب سابقه، وخاصة ش. غسنر.

يوجد في علم الزبولوجيا تراث - الكثير منه يعود الى ارسطو - وراء عن مؤلفين قدامى. واقوال هؤلاء تتقدم على الملاحظات والتحقيقات الاكيدة. من ذلك ان الدروفندي يصنف الطوط وهو من الثدييات المجنحات الأيدي، بين الطيور، لسبب وحيد أن له أجنحة وأن الناس يعتبرونه من الطيور. التشابه السطحي له وزن هنا أكثر من الفوارق العميقة في الأجهزة، وهذا أمر يعرفه الدروفندي Aldrovandi.

ويعترف المؤلف ان الطوط ليس له ريش ولا أجنحة تشبه أجنحة الطيور. ويعرف أنه يطير بواسطة غشاء متكون من جلده الممتد بين الأصابع والسلاميات المستطيلة. بل انه قدم هيكلًا عظميًا لوطوط وهذا الهيكل يبرز الفرق. ولا يجهل المؤلف ان هذا الطير المجنح اليدين لا يبيض مثل الطيور بل يولد صغاراً أحياء. ويعرف ان صغار الطوط تتمسك بأمها معلقة باندائها وانها تتغذى بحليبها كما ذكر ذلك بلين Pline. واخيراً يلاحظ ان الصغار تولد عارية من الشعر وتكتسب الوبر الذي يشبه جلد والديها وكل الاربعيات الحيوانية. لكل هذه الاسباب، يلاحظ الدروفندي Aldrovandi ان الطوط يشبه هذه الاربعيات اي الثدييات. ويقول انه من الافضل تركها بين الطيور تمثيلاً مع التراث، وببساطة لانها تستطيع الطيران.

اما الحيتانيات التي هي لبونات بحرية فتطرح مشكلة مماثلة. فقد صنفت الحيتانيات بين الاسماك دائماً لانها تعيش في الماء. الا ان الدروفندي يعترف بان هذه الحيوانات مثل الحوت والدلفين لا تنفس بالغلاصم بل بالراث. ويشير الى ان كل اعضائها الداخلية مثل القلب والاورعية الدموية والرئتين والاعضاء التناسلية والاثداء، تجعلها اقرب الى الاربعيات الولودة. الا انه لم يجرؤ على استخراج النتائج التي تفرض نفسها. ومن باب الحذر يعالج الكتاب الذي نشر سنة 1613 الاسماك والحيتان في قسم واحد. ومن بين هذه الأخيرة توجد الفقمة وهي زعنفة الأقدام، وخروف البحر (لاماتان) الذي هو من الخيلانيات (Siremiens) والمنتشار وهي سمكة من الاسماك بدون هيكل عظمي (Selaciens). والنظر إلى الأطراف فقط كان يكفي لتفادي هذه الأخطاء الناجمة عن التشابه السطحي وأشكال الحياة المتشابهة.

I - من بين الاربعيات الولودة، عرف الدروفندي، كسابقه عدداً من المجموعات المتجانسة

مثلاً (الوحدات الاصبع) ذات الرجل الوحيدة الاصبع والتي تحمل حافراً وحيداً، ويمثلها الحصان، والحمار، والحمار البري الأوناغر. فلماذا حشر بينها الفيل الذي تحتوي رجله على خمسة أصابع رغم بساطة مظهرها. إلهذاذات الظلفين فهي حيوانات لها في أرجلها أصبعان وتطبق على ما نسميه بالحيوانات المجترية: يذكر المؤلف بحق البقرة والحاروف والماعز والابل والجمل والزرافة. ويعتقد انه من الواجب ان يضم إليها وحيد القرن وله ثلاثة أصابع وينتمي الى مجموعة مختلفة جداً.

ونلاحظ ان الحس الالهامي في المشابهات يدفعه أحياناً الى إيجاد سلسلات طبيعية. ولكن حتى في هذا المجال، مجال الثدييات، وهي الأسهل دراسة، والأقرب الى الانسان وذات التشريح المعروف، يقع هذا المؤلف كل حين في الخطأ: فالتفحص غير الكافي وانعدام الصفات الواضحة التي يمكن ان تستخدم كمعايير لا تسمح له بتفادي مقارنات توحى بها مشابهات سطحية. ولا نعثر في أي مكان من كتابه لأي ظل لمنهج يمكن ان يؤدي الى تصنيف مناسب ومنطقي او حتى طبيعي.

II - اما الكتاب المخصص للاربعيات البيضية فيضم الزحافات والضفدعيات. فقط لان هذه الحيوانات لها اربعة أرجل وتبيض البيض. ووجود ذنب يكفي لتقريب الزحافات ذات الجلد الصدفي مثل الخردون والضفدعيات ذات الجلد العاري مثل السموسة والسقاية.

وقد فصلت الافاعي عن الزحافات الاخرى لانها ليس لها أطراف. وتعامل بذات الوقت كحيوانات اسطورية مثل التنين والعظاءة.

III - وفي ما يتعلق بالطيور نجد هنا وهناك بعض المجموعات المتجانسة او شبه المتجانسة: كالجوارح والدجاجيات مثل الدجاجة والتدرج والحجل والقطا. ونجد فيها ايضاً بعض القانصات ذات الساق الطويلة. اما اليمائم فتعرف تعريفاً جيداً، ولكن غالبية الاقسام الاخرى تبدو متناثرة. وبعض المجموعات هي سلوكية خالصة، مثل الطيور التي تؤم شواطئ المياه أو مثل مجموعة الطيور المغردة.

IV - بالنسبة للأسماك يتبع الدروفاندي أسلوب ش. غسner C. Gesner فيفرز الأسماك التي لها هيكل غضروفي عن غيرها. ان هذا الفصل ممتاز: فبعض هذه الحيوانات لها شكل مستطيل مثل كلب البحر او القرش اما الاخرى فلها شكل مسطح مثل الشفنين البحري او اللبء (Raie) والرعاة أو الطورييد. وقد نعجب ان نرى بين اللبء عقرت البحر وهو سمكة ذات هيكل عظمي. ويجب ان نذكر هنا انه يوجد خطأ تقليدي ارتكبه سابقاً ارسطو، وتقيد به باحترام، رونديليه Rondelet وسالفاني Salviani وغسner Gesner. اما بقية الاسماك فقد صنف بدون قاعدة وفقاً لأسلوبها في الحياة: أسماك الصخور، أسماك الشواطئ، أسماك الأنهر، وأسماك البحيرات... وهذا يؤدي الى مجموعات مصطنعة.

V - ولكي يكون كاملاً حرص الدروفاندي على وصف وعلى تصوير كل الكائنات الاسطورية: حيات البحر، ويعطي عنها صورتين مختلفتين نوعاً ما، والطيور الاسطورية مثل: العنقاء،

المرأة الطائرة ، الستمفأل والتينيات التي توحى صورها بصور الليات البحرية التي اتخذت أشكالاً غريبة بفعل التشيف . وبدا المؤلف موقفاً أكثر عندما وصف وحوشاً حقيقية (الوحوش المزدوجة ، حيوانات ذات رأسين ، كلاب (Les éctrome) محرومة من الأرجل الأمامية ، دجاجة بشكل شيهيم ، حالات بشرية خاصة .

وعندما وصل الى دراسة العلق (نقول غير الفقريات) نفوس هنا في عالم ذي ثروة لا تصدق ، بما تزال حتى اليوم غير مستكشفة ، وتشكل هذا العالم من حيوانات ذات تكوين عضوي مختلف جداً ، كان تشريحها الداخلي غير معروف تماماً تقريباً . فكيف يمكن تصنيف هذه الكائنات الا سنداً للمشابهات السطحية ووفقاً لتراث قديم ؟ .

VI - الرخويات - انها توافق ما نسميه باللاصدييات ، وتثل برأسي الارجل المحرومة من الغطاء الصديفي الخارجي ورأسها محاط بأذرع مزودة بمصاصات : مثل الاخطبوط ، والسيدج والحبارة . وتقليداً لغسر اضاف الدروفندي الى هذه المجموعة المتناسقة الارنب البحري الذي ليس له ادنى علاقة بهذه اللاصدييات . الا انه اغفل الارغونوت والتريل التي نجدها في مقطع آخر .

VII - الصدييات - انها قبل كل شيء الحيوانات ذات الصدف او الغطاء الحجري مثل ذات الاسنان او النابية والموركس Murex ، والتيربو Turbo ، والتروشوس Trochus ، والبزاق Cochlea . واستعمل اسم كونشا Concha للدلالة على الرقاقيات مثل الجرنية ، والقالب ، والمحار وسولن ، ويكتن وسبونديلوم ، وكلها صنف بصورة مصطنعة بحسب تزيين قوقعتها : صدييات مخططة ومغذدة وشوكية . ومن بين الصدييات ذكر الدروفاندي التريل ، التي لم يعرف عنها الا قوقعتها والتي هي صدفية رأسية الارجل بدائية . ووصف كنوع آخر من التريل والعنقريط وهي صدفية مشهورة تصنف من بين الرخويات ، القريبة من البول (الاخطبوط) . اما الاغفال او الهمال فيفسر بالصورة المعطاة لها . انها عنقريط اثني ، تمسك ، بين ذراعيها المسطحين . السلة ، التي تذكر بشكلها بالقوقعة ، التي يفرزها الحيوان عند توالده ، وفيها ينقل بيضاته . وتسكن التريل في المقصورة الأخيرة من قوقعتها . أما العنقريط العارية فتمسك بمهد بين ذراعيها : وهذا يكفي لايجاد تقريب مرتكز على ماثلاث سطحية خالصة .

إذا وضع هذا الخطأ جانباً ، فان مجموعة الصدييات تكون متجانسة ، اذا لم تكن اشكال اخرى ، ليس لها ادنى علاقة بالصدييات ، قد حشرت فيها . مثل البالان (بلوط البحر) والاناتيف (قشرية بصوق) التي هي من القشريات . والالتباس يأتي من كون هذه الحيوانات مثبتة وان جسمها محاط بصفيحات مكلسة يصعب رغم ذلك اعتبارها صدفة . ولنفس السبب نجد بين القشريات ، التوتياء (اشينوس Echinus ، وسباتنغوس Spatangus) والتي هي ذات جلد قنفذي وغشاؤه يحتوي على صفيحات كلسية .

VIII - والقشريات تتوافق مع قشرياتنا العليا ، ومع ذات العشر ارجل . ويعرف الدروفاندي

بصورة خاصة الاشكال الكيرى مثل لانغوست [الكركند (جراد بحري)] ، والكراب Crabe (اجناس من السرطان البحرية) . وقد قدم ملاحظات مفيدة حول مقرن الذنب والراهب الذي ينزل في الاصداف الفارغة وحول طريقة تركه عندما يكبر للقوقعة الفارغة التي جعل منها مسكنه سابقاً ، ليتخذ بعدها مسكناً اوسع اكثر ملائمة لجسمه . في حين يجهل الكاتب تماماً كل القشريات الدنيا .

IX - وبعد تخلص عالم اللاقريات من الصدفيات والقشريات العليا السهلة التمييز تبقى كتلة من العضويات صنفها الدروفاندي ، كسابقيه في هذا الخليط الذي هو مجموعة الحشرات : فيقسم هذه الحشرات الى حشرات ارضية وحشرات مائية . ثم يقسمها الى فروع ذات أرجل وغير ذات أرجل . والأرضيات المزودة بأرجل تكون مجنحة أو غير مجنحة .

اما المجنحة فتوافق مع ما نسميه بالحشرات . فنجد فيها النحل والدبور والزرقط والزرزور واليعسوب والفراشات . وقد تميز الكاتب بانه عرض عدة انواع من الفراشات بجانب دودتها ويسروعها ونغفها . واوجد بحق فرع المجنحات التي ليس لها الا جانحان مثل الذباب والبرغش . اما مجموعته من مغمدات الاجنحة فتضمن حشرات حقة من هذا الصنف مثل (الجعل او الجعران ، والخنطب والسيراميكس والذراخ كما تتضمن ايضاً الجراد والمرعوفة والراهبة والبلاط (بنت وردان) التي هي من الاودوتير (مستقيمات الاجنحة) .

واذا كان تصنيف مجمل الحشرات المجنحة صحيحاً تقريباً ، فان مجموعة آبتير (عديمات الاجنحة) تحتوي على خليط منها النمل باعتباره بدون اجنحة (ايموتير Hemiptères) ، ثم البق (نصفية الجناح) ، والبرغوث والقمل ، وما هو اخطر العقرب والعنكبوت التي هي العنكبوتيات والدخذيات (كثيرة الارجل) .

اما مجموعة الحشرات الارضية غير ذات الارجل فلم تعرف تعريفاً جيداً ، واختلطت في معظمها مع الدود . فنجد من بينها دود الارض ودود الحيوانات مثل التينيا والاسكاريس ، كما نجد البزاق والتي هي صدفية بدون قوقعة .

اما قسم الحشرات المائية فهو خليط غير معقول من الحلقيات التائهة (سكولوبندرامارينا Sco-lopendra Marina) والحلقيات ذات الانبوب والقشريات مثل برغوث البحر والعلق والدود البحري ، يضاف اليها نجمة البحر التي هي Ophiures . وفقاً لثراث يعود الى رونديليه صورت اسماء حسان وزمارة البحر Lophobranches من بين جملة الديدان . وكان سالفاني Salviani قد اعتبرها بمثابة مقدوقات البحر .

X - والمجموعة الاخيرة ، مجموعة الاسفنجيات تضم حيوانات لم يعرف ارسطو اين يصنفها : مثل الاكتيني Actinies او اينمون البحر ، الريزوستوم Rhisostome أو الرثة البحرية ، والهلوتوري L'Holothurie التي هي من القنفذيات ، والاسيديات وهي من المغلفات ، وبصورة خاصة الاوفامارينا

Uva Marina التي هي مستعمرة من البوتريلات، والالسيونيوم L'Alcyonium اويد البحر، خليط عجيب ينتمي الى مجموعات متباعدة جداً .

وعلى كل حال يدل كتاب الدروفاندي على نفس مستوى المعرفة، وايضاً على نفس مستوى الجهل كما في مؤلفات الذين سبقوه. ونجد عنده نفس الاخطاء التي اصبحت بمثابة تراث. اما التقدم فلا وجود له. فقد استسلم هذا العالم الطبيعي للتضليل بفعل مشابهات مجسمة. فخلط بين قشرة التوتياء وغشاء (البالان) بلوط البحر وصدفه الحزون لانها جميعاً اقسام صلبة ومتكلسة. وقلما عرف نمط التنظيم المشبه لمجموعات القنفذيات، وتناظر خماسيات الاجزاء حتى ان المحار صنف بين الصدفيات ونجمة البحر والافوريين الحشرات، في حين صنفت قنار البحر بين الاسفنجيات.

مسرح الحشرات لتيوفيل موفت Th.Mouffet - يذكر في بعض الاحيان كتاب مسرح الحشرات 1634 لمؤلفه : موفت. باعتباره اوجد نوعاً من التقدم وهذا ما اشك فيه. فالكتاب كانت له قصة طويلة. فمواده الاولى، جمعها غسر ولم يستعملها، فانتقلت الى توماس بني الذي كان قد سبق له واستحصل على مستندات جمعها إد وطن Ed.Wotton حول ذات الموضوع. واشتغل بني Penny خمس عشرة سنة ليجمع شتات هذه الموارد ولكنه مات قبل أن ينهي عمله. وعلى الرغم من سخرية محيطه قام طبيب انكليزي من لندن هو توماس موفت Thomas Mouffet فقرر العودة الى ما صنعه سابقوه. ومات بدوره سنة 1604 قبل ان ينشر كتابه الذي لم ير النور الا سنة 1634.

وكانت الحشرات المجنحة هي الافضل معالجة وتصنيفاً وخاصة النحل. وقد ارتكب المؤلف خطأ حين اعتبر ملكة النحل ملكاً. ووضع جدولاً رعائياً وكيفياً في الحياة داخل القفير. والملك يفرض نفسه على رعيته بضخامته ويلطف آدابه: وهو حصيلة اختيار ذكي وحذر. والتحللات، رغم طاعتها له تحتفظ بحريتها وبحكمها وتبقى مرتبطة بملكها بحماس. وبعد ذلك وردت المجمعات المعتادة حول اعداء النحل وامراضها، والضجيج الذي تحبه والضجيج الذي تخافه. ولا ينسى المؤلف الاسطورة التي تجعل التحللات مولودة بفعل الجثث، جثث الحيوانات النبيلة كالثيران والبقر واذا فالشعب النحلي مولود من اللحوم في حين ان الملك والقادة تولد من الدماغ الذي هو المادة الاكثر لطافة ولهذا فهي اضخم واكثر حذراً وقوة.

اما مجموعة مزدوجات الاجنحة فتتضمن حشرات اصيلة ذات جانحين مثل الذبابة والنعرة والتبيول او حشرة النباتات، كما تتضمن ايضاً الحشرات ذات الاجنحة الاربعة مثل : (الزعراش Libellule، والاغريون Agrion، والكالوبتريكس Caloptéryx. ويكاد لا يصدق ان المؤلف لم يعر اهتماماً على الاطلاق لصفة اكلية هي عدد الاجنحة. فضلاً عن ذلك، وضع ت. بني Th.Penny ملاحظات مفيدة حول خلق الذباب : فقد شاهدها تتزاوج وتبيض البيض الذي يخرج منه الدويكات.

ويتضمن الكتاب رسوماً جيدة لحوالي 60 نوعاً من الفراشات قلما وضعت بجانبها يرقاتها. ومن حيث المبدأ وضعت اليرقات جانباً في القسم الثاني من الكتاب اي في قسم عديمات الاجنحة وهناك عدة

مجموعات من الحشرات المجنحة المتناسقة مثل الصرصار والزرزور والبالات (بنت وردان) والخنفسة او الجمل .

اما عديمات الاجنحة فتتضمن ، كما هو الحال دائماً ، خليطاً من الحشرات والعنكبوتيات والبق والقراد والدود . وتحت اسم لومبريك (دودة كبيرة) وردت التينيا ، والدودة الخيطية . اما حلقة الدودة الوحيدة فتوصف بانها دود متحرك يشبه بزر القرع دون توضيح لمششها . وبالمقابل يشير موفت Mufet الى وجود دودة لومبريك Lombric في الهند وفي مصر اسمها دراكونسيا Dracontia تحدث اوراماً تحت الجلد وهي ما يعرف بخيطية المدينة .

ويبقى الكتاب غير مكتمل وينتهي بلوحتين رسمت فيهما بدون شروحات التينيا والعناكب وعقارب وهرميلات وبناتول Pennatule ودودة العومة ويرقات ، ووفقاً للتراث رسم ايضاً حصان البحر المسكين . هذا البازار الصغير من الحيوانات يدل على عجز العلماء يومئذ عن الاحاطة بعالم الحشرات الواسع .

التاريخ الطبيعى لجون جونسون J. Jonston . وآخر انسيكلوبيديا حيوانية كبيرة صدرت سنة 1657 الى 1665 هي التاريخ الطبيعى لجون جونسون 1603 - 1675 الذي ظهر بعد مئة سنة من كتاب غسner C. Gesner . رتب الكتاب ، بدون تغيير تقريباً وفقاً لحطة غسر والدروفاندي ونجد فيه الاربعيات الولودة والبيضيات (الهمفدييات والزواحف) والطيور بما فيها الطوطاية (السوطاوط) ، والاسماك والحوتيات التي كان الدروفاندي قد فصلها والحيات والتينيات والحشرات (الحشرات بالذات والعنكبوتيات والمتعددات الارجل) ، ومع الدود والبراق والصدفيات الدنيا والعلق ونجمات البحر وحصان البحر طبعاً) .

والرخويات تشمل رأسيات الارجل والابلديات . اما الصدفيات فتشمل الرخويات ذات القوقعة والمعويات والصدفيات المسطحة وكذلك المحار بانواعه اما القشريات العليا فتشكل مجموعة متناسقة ولكن القريبات تضم خليطاً من الاكثنيات وطيور البحر وقناء البحر .

وقد قلد الدروفاندي بيلون وغسر نوعاً ما . وقلد جونسون الدروفاندي . وما جدوى هذا التاريخ الطبيعى الذي لا نعرفه على اي جديد . نفس الاخطاء ونفس الغموض يتكرر . وطيلة قرن من غسر (1551 الى 1558) حتى جونسون (1657 الى 1665) لم يتقدم علم الحيوان اية خطوة محسوسة وظل في حالة جمود كاملة .

عمل ري وويللوفي Ray et de Willoughby - كدت انهي هذه الملاحظة المتشائمة هذه الدراسة لو لم يظهر في اواخر القرن كتاب ج. ري G. RAY (1627-1705) وصديقه وويللوفي اللذين ادخلا نفساً جديداً . مات هذا الاخير باكراً وكان مساعداً . للاول . فاصدر ري كتاب اوتينولوجيا (الطيريات) لويللوفي سنة 1675 وكتاب هيستوريابيسوم 1686 Historia Piscium .. واكملته بتحري

الكتابين الاولين. واصدر بذاته مختصراً عن الاربعيات وعن الحيات في سنة 1693. ولم يصدر كتابه تاريخ الحشرات الا بعد موته سنة 1710.

كان نظام ري Ray مستوحى من نظام ارسطو. فالفقريات قسمت الى رخويات وقشريات وصدفيات وحشرات. وبالمقابل توضح تصنيف الفقريات باستعمال معايير تشريحية. وقد ميز ري الاسماك التي تتنفس بالغلاصم عن غيرها من الفقريات ذات التنفس الرئوي وبنية القلب اتاحت عزل الزحافات التي ليس لها الا بطين واحد. اما الثدييات والطيور التي لها بطينان فقد انفصلت بفعل ان الاربعيات من الثدييات هي ولودة ومغطاة بالوبر في حين ان الطيور تبيض وعليها لباس من ريش. ولم يكن من الممكن ترك الحوتيات التي هي ثدييات معروفة الى جانب الاسماك واعترف ويلوفمي بانها تتنفس بالرئة وانها تتزاوج مثل الاربعيات، وتضع اولاداً احياء صغاراً وانها تتوافق في بنيتها وفي تكوين أعضائها الداخلية مع الاربعيات الولودة. وعلى كل لم يمرؤ ويلوفمي على استنتاج أمر كان ثورياً ويميل إلى ترك الحوتيات بين الاسماك. وكان ري منطقياً أكثر وحذراً أكثر فافرد لها مكاناً خاصاً.

وكان نجاح هذا التصنيف المتعلق بالفقريات قد دل على الاسلوب الذي كان يجب اتباعه لتوضيح عالم اللافقريات. ولكن محاولته كانت مبكرة.

II - التشريح الحيواني

كان علماء الطبيعة في تلك الحقبة يمتلكون علماً معمقاً حول التشريح البشري، يمكن ان يستعمل كمرشد لدراسة الفقريات. وقد شرح العديد من المؤلفين الحيوانات السهلة التناول او الآتية من الحظائر، ووصفوا تكوينها الداخلي. وكانت هذه البحوث تتابع بدون خطة عامة. وكانت المقارنة تفرض نفسها احياناً، ولكن التشريح المقارن حتى المقصور على الفقريات لم يكن موجوداً بعد.

الا انه سبق لبيلون Belon سنة 1555 ان ابرز المماثلة في بنية الهيكل البشري وبنية العصفور، واضعاً الحيوان في وضع مماثل، واقفاً والجناحان مريحان على طول الجسم مثل الذراعين. وقد نشر الدروفاندي Aldrovandi هذه الصورة لبيلون Belon.

ووضع ليونارد دافنشي مقارنة دقيقة بين عظام الفخذ والرجل عند الانسان وعظام القسم الخلفي من الحصان. ولكن هذه الامثلة قلما اتبعت.

ولكن م. آ. سفيرينو (1580 - 1656) M.A. Severino الذي كان استاذاً في كلية نابولي، نشر سنة 1645، كتاباً جيداً عن التشريح الحيواني، ركز فيه على التشابه البادي في الحيوانات رغم الفوارق بينها، ولكنه اراد التعميم كثيراً، ووضع مقارنات بدون قيمة بين الحيوانات والنباتات.

وجمع المشرح الهولندي ج. بلاس G. Blaes (أو بلازيوس Blasius) في كتابه «تشريح الحيوانات» (1681)، مجمل المعارف المكتسبة حول الحيوانات الرئيسية المنزلية وكذلك حول الاسد

والنمر والضبع والارنب والفار، والفيل والاييل والجمل ذي السنتين الخ. وضم الكتاب حوالي ستين لوحة فيها الصور الاصلية التي نشرها سابقوه. ولكن بلاس Blaes لم يتبع اية خطة منهجية في العرض، ولم يعالج تبعاً الاعضاء، مما منعه من القيام بعدة مقارنات مفيدة.

ومن بين علماء التشريح الاخرين يمكن ذكر فابريسيو داكواباند نبي Fabricio d'Acquapendente (1533 - 1619) الذي وصف المعدة ذات الاربع جيوب عند المجترات. وكان واحداً من الاوائل الذين درسوا النمو النطفي عند الفرخ، وقد عرف مختلف انماط المشيمات لدى الثدييات وترك صوراً ملونة في التشريح الحيواني.

كان ك. بيرو CL. Perrault (1613 - 1688) مترجماً لعلماء الطبيعة في الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس. وكان هؤلاء قد حققوا ابتداءً من 1667 برنامجاً مستمراً في الدراسات التشريحية وفي تشريح الحيوانات. ونشر الطبيب والمهندس بيرو سنة 1671 سلسلة من الدراسات حول الاسد والقنفذ والشموا والنسر والنعامة والسلاحفة والحيش الخ، اعتبرت مستندات ثمينة وبيرو هو الذي اكتشف الصمام الحلزوني في امعاء الاسماك « السيلاسية » وهي نوع من الاسماك خال من الهيكل العظمي.

ونحن ندين الى دوفرني Duverney بعدة مذكرات نشرت بين 1676 و1693 حول تنظيم الحيوانات التي سبق له ان شرحها: مثل الافعى والنعامة والقنفذ والفهد والفيل. ووصف س. كوليز S. Collins في نظامه التشريحي 1685، بصورة خاصة تشريح الطيور والاسماك ونشر ادوار تيزون Ed-ward Tyson دراسات خاصة عن الدلفين 1680 والكروتال 1683 (حية خيثة) والابوسوم وهو حيوان يتظاهر بالموت عند الخطر (1698) والشامبزي (1699).

وقد ترك العالم التشريحي والنسائي الدانمركي نيلس ستينسن Nils Steensen (نقولا ستينون Nicolas Sténon) (1638 - 1686) اعمالاً مهمة حول تشريح بقرة البحر او اللبء (1664) وكلب البحر او القرش (1667)، وحول العديد من الاسماك الخالية من الهيكل العظمي (1673). وفي سنة (1673) ايضاً نشر دراسة حول عضلات النسر. وتعتبر هذه الدراسة من اروع الاعمال التشريحية في ذلك العصر رغم انها لا تتضمن اية صورة. ويبدو الطبيب الهولندي نقولا تولب Nicolas Tulp الذي كان من بين الشخصيات في لوحة درس التشريح التي وضعها رامبرنت Rembrandt. كان هذا الطبيب قد خصص في « ملاحظاته الطبية » (1640) دراسة قصيرة حول « الاورانغ اوتان Orang Outan ». ورغم انه اشار الى ان الحيوان قد اسر في انغولا، فقد ذكر ان هذا الحيوان جريء في بورنيو Bornéo لدرجة أنه يهاجم ليس النساء فقط بل الرجال المسلحين. وشدد تولب Tulp بعد أن قدم صورة عن هذا الحيوان، على الشبه العجيب بين هذا القرد الكبير والانسان. فالوجه والاذنان هما كاعضاء الانسان. أما الاطراف فشبیهه لدرجة كبرى أكثر من شبه البضة بالبيضة وهكذا قليلاً تجمعت المواد التي تتيح يوماً ما بناء تشريح مقارن بين الفقريات.

والكلمة استعملت لأول مرة من قبل ن. غرو N. Grew (1675) كعنوان لمذكراته حول الجذع والمعدة والامعاء لدى مختلف الثدييات والطيور والاسماك.

وإذا كان علم الفقريات قد ارتدى درجة من الدقة فإن علم اللافقریات كان بدائياً . كيف استطاع علماء الحيوان في تلك الحقبة أن يبتدوا إلى الطريق داخل هذه الآلاف من الحيوانات المركبة وفقاً لخطط بنوية متعددة ومختلفة يجهلون تشرحها الداخلي ، وليس بين أيديهم من مرشد إلا المظاهر الخارجية فقط ؟ وكيف تسنى لهم أن يخلطوا بين صدفية المحارة (الشوكية الجلد) والقطع الكلسية في أجسام القشريات وقوقعة الحلزون (الرخوية) لتجميع هذه الحيوانات العضوية ضمن مجموعة واحدة هي مجموعة الصدفيات ؟ نذكر أن الطبيب الانكليزي توماس ويلس Thomas Willis ومارتان ليستر Martin Lister درسا في الربع الأخير من القرن تشرح بعض اللافقریات .

التشريح الميكروسكوبي - لقد سهل استعمال الميكروسكوب الدراسات التشريحية التي بدت الحاجة إليها ملحة . كان الامر يقتضي في اغلب الاحيان مجرد لؤلؤة من الزجاج مؤطرة في شفرة معدنية تشكل عدسة قوية . وكانت الأشياء تضاء بنور مباشر وليس بنور شفافي . وكان ر. هوك R.Hooke (1635 - 1703) الذي استعمل ميكروسكوباً معقداً ، راصداً ممتازاً . وقد استعمل للإضاءة نور الشمس المخفف بورقة مزينة اولبة زيتية مزودة بكرة من الزجاج مملوءة بالماء وبعُدسة تستخدم لتركيز النور . ودرس هوك العديد من اللافقریات رسمها فيما بعد على لوحات دقيقة محفورة وضمنها كتابه الميكروغرافيا (1665) : مضرب النحل او ابرته ، ارجل واجنحة الذباب ، عين اليسوب ولسان الحلزون والذبابة والعنكبوت والنملة والقراد وعث الكتب والاوراق والعقرب الكاذبة ، والبقة والقملة ، ودوديات الخلل الخ ، وبعد 1625 ، نشر ستلوتي Stelluti وميسي Cesi « آياريوم » حيث رسوم ممتازة لنحلات مراقبة من خلال الميكروسكوب مع شرح مفصل لتشرحها (الرأس والاقسام القمومية ، والقوائم ، والابرة الخ) وهناك ميكروسكوبي ايطالي آخر ، باتيستا اوديرنا Battista Odierna نشر سنة 1644 خطاباً مدعماً بالصور حول عين الذبابة .

ودرس ف. زيدي (1626 - 1697) F.Redi في « تجاربه حول نشوء الحشرات » (1668) ، ورسم القمل على مختلف الحيوانات (الماعز والجمال والحمار والايل والذئابة والوز ، والطاووس ، والسليخفة) والقردة الطفيلية على النمر ، والحشرات (النمل والذباب) ، والحشرات المتأتية عن جرب الحيوانات ، وعقرب تونس وذبابة غيب اليلسان . وتولع الناس بالملاحظة الدقيقة والمفصلة . ونشر ريدي سنة 1684 كتاباً حول « الحيوانات الحية الموجودة في بطن الحيوانات الحية » وبعد كتابه هذا خبير مشاركة مهمة في علم الحيوان . انه كتاب حق حول علم الطفيليات ، حيث وصف اكثر من مئة نوع من الطفيليات (دود معوي ، قزاديات ، حشرات) . وقدم تلميذان لردي : بونومو Bonomo وسيستوني Cestoni سنة 1687 اول وصف جيد مصور للقزاديات الجربية (ساركوبت سكايب) Sarcopites Scabiei .

ونشر الطبيب والعالم الطبيعي مارسلو مالبيجي Marcello Malpighi (1628 - 1694) سنة 1669 ، دراسات جيدة حول البومبيكس Bombyx . ورى دود القز ، وشرحها وتبع نموها وانسلاخها . وقد شاهد صنع الشرنقة ، ودرس النفقة (العذراء من القزاشات) ووصف وشرح القزاشات البالغة ،

وعرف أعضاء التنفس، وتشعباتها، وحويصلات الهوائية، وفتحاتها أو مسامها. ووجدتها عند الصرصور، والخنثب، والجراة، والنحلة، وتأكد أن هذه الانابيب المملوءة بالهواء تلعب عند الحشرات دور الرئتين.

ودرس القلب وقد رآه يخفق، والعضلات، والجهاز الهضمي. واكتشف انابيب منثنية على بعضها عدة مرات، ذات لون اصفر عسبي واصفر زعفراني، شاهداً تنشأ عند التقاء البطين (المعدة) والمعي. والكليتان في الحيوان هما اللتان سوف تعرفان في المستقبل باسم «انابيب ماليجي». ووصف المؤلف عند اليسروع (الدودة قبل تحولها الى فراشة) الغدد التي تنتج الحرير، وعند الراشدة والجهزة التناسلية عند الجنسين. وعرض الاعضاء التي يصفها في عدة لوحات. انها الدراسة الاولى التشريحية الكاملة للافريقي. وقد اكتشف فضلاً عن ذلك في سنة 1661 الاوعية الشعرية في رثتي ضفدع.

وكان انطوني فان ليونوك (Antony Van Leeuwenhook (1632 - 1723 ملاحظاً بارعاً للحيوانات الميكروسكوبية، كما كان فضولياً وهادياً. واليه يعزى اكتشاف الكرويات الحمراء في الدم، واكتشاف التحفيز العرضي في الخيوط العضلية. وكان اول من لاحظ دوران الدم في الاوعية الشعرية. وكان من اوائل الذين رأوا الحيوانات المنوية. واليه يعود الفضل في تشريح الميضية [بلع البحر = نوع من الصدف] وحياتية البرغوث. وتوصل الى دراسة هذه القشريات الصغيرة التي هي من الليات المتصلة بالقواقع، وقد احسن تصويرها وخاصة ارجلها او مماسكها.

وعدا عن الاضاء المباشرة استعمل ليونوك Leeuwenhoek الفحص عبر الشفافية، الامر الذي اتاح له اكتشاف الدودييات (روتيفر) والنقاعيات. وتكلم بهذا الشأن عن مخلوقة مسطحة ذات شكل بيضاوي. ولها ارجل دقيقة بشكل لا يصدق وتتحرك بسرعة عظيمة وهذه هي اليرموش المتحركة في النقاعات (انفوزوار). واكتشف منها عدة اجناس بل ونجح في مشاهدة البكتيريا (كوكسي Coccis باسيل Bacilles فيبريون Vibriions) وذلك في حفش الاسنان.

وهذا المدقق العظيم درس البراغيث فعرف انها تتوالد بدون بيض 1695: فقد لاحظ ان الانثى لا تحتوي بيوضاً بل صغاراً كاملي التكوين. وقام بتجارب فعزل الاناث. ثم فوق غصن من الكاسي (العنبر)، مظهر من الطفيليات ومزروع في قنينة مملوءة بالماء. وضع عليه انثيين: وخلال 24 ساعة وضعت البرغوة الاولى 9 صغار والثانية 6 صغار. وكان من حظ المؤلف ان شهد عدة ولادات

« قال ليونوك: « الشيء الاكثر غرابة، الذي بدا لي، هو اني لم اكتشف اياً من هذه الحيونات، ذات الجسم الوسط دون أن أستطيع أن أستخرج منها صغاراً في طور التكوين... ولم يحدث لي على الاطلاق أن وقعت على أي حيوان يمكن أن يعتبر ذكراً ».

وابتنت ملاحظات جديدة هذا الغياب للذكر، فاستنتج في سنة 1700 يقول: « يجب ان نفترض ان البراغيث تمتاز بهذه الظاهرة التي لم تلاحظ بعد » انها تولد صغاراً دون مضاجعة مع الذكر وكانت اول تحقيق حول توالد عذري (اي حمل بدون احتساب اوجامع).

بعد ان سبقت الاشارة الى ان كريستيان هويجن Christiaan Huygens قام منذ 1678 بدراسات مفيدة ميكروسكوبية على البروتوزوير (حيوانات احادية الخلية)، والروتيفير (الدوديات) والنيماتود (السلوكيات)، يتوجب ان نفرد مكاناً على حدة لجان سوامردام Jan Swammerdam (1637 – 1680). هذا الطبيب لم يمارس عمله، وانصرف الى دراسة تشريح اللافقرات. كانت صحته متدهورة : وكان فاقد التوازن تقريباً امام عرافة متصوفة انطوانيت بورينيون Antoinette Bourignon فمات في الفقر وعمره 43 سنة .

ولكن هذا لم يمنعه من انجاز عمل ضخم، نشر معظمه بعد وفاته. فعدا عن دراسة معمقة للحشرات. ظن انه يستطيع انكار تحولاتها (ميتمورفوز)، شَرَحَ العديد من الحيوانات وكتب، عن تشريحها قارناً وصفه بلوحات فخمة. وعُرف بتكوين الحشرات (النحلة، الدبور، العنكبوت، النملة، الجرادة، سراح الليل، والجعل والسفانكس (الصَّمَل) وفراشات النهار والليل والذباب والذباب اليومى (الزائل الخ) والصدفيات (الباغور) قشرية مقترنة الذنب) والدفني (= برغوت الماء)، والعديد من الرخويات (اللية، الحلزون: توربو، فولوتيا فينوس) وبتكوين العقرب والضفدع وصغيرها (تيتار = خرشوف) .

وبفضل تشريحه لـ غاسيتروبود Gastéropode (رخوية معدية الارجل) ذات الرئة من الماء الحلوة اكتشف وعرض صغار هذا النوع التوالدي. ولاحظ في هذا الحيوان وجود (دوديات) هي سبوروسيت الدودة العريضة المثقبة (ترماتود) . وشاهدها تخرج من جوفها اليرقات او المذنبات التي اخذت تسبح بسرعة بفضل تموج ذيولها

ويمكننا ان نذكر ايضاً الرسام الملون جان غودار (1620 – 1668) Jean Goedaert الذي عرض، بدون ترتيب، في كتابه (1662) كل ما درسه . وقد كان موهوباً للتصوير اكثر من الملاحظة ، واكتفى بان اطلق على اليرقة وعلى الفراشة وعلى الذبابة اسماء غريبة، وشاهد يرقة جسمها مملوء بالدوديات خرج منها الذباب. ولكنه لم يفهم منشأ هذه العملية الطفيلية. وهكذا، وبخلال عدة سنوات استطاع مالبيجي Malpighi وليونوك Leeuwenhoek وسوامردام Swammerdam ان يؤسسوا تشريح اللافقرات، وهو اساس ضروري لكل تصنيف لاحق .

الفصل الثاني :

علم وظائف الاعضاء الحيوانية

تمثل الفيزيولوجيا في القرن السابع عشر آخر محطة واقواها للارسطية . واذا كان غاليلي قد انهى فيزياء البيولوجيين . فقد كان لا بد من مرور قرن حتى تشكل بيولوجيا او علم احياء عند الفيزيائيين .

فالجسم البشري الذي تسكنه الروح يبدو بمنأى عن التمثيل الميكانيكي : لقد كرس استثناء بواسطة العديد من الحجج . مثلاً لا تشكل العناصر التي تولفه مزيجاً بسيطاً بل تركيباً حقيقياً ، الامر الذي يمنع اجراء التجارب او التحاليل عليه . لقد اشارت فيزيولوجيا فرنل 1554 ، وهي في سياق ارسطو ، اشارت الى الفرق بين جمع الاجزاء (اسفنجة مشربة بالماء ، حجارة وبودرة مطحونة او مسحوقة) وبين اتحادهما .

« إن المقطع ليس حروفه التي يتألف منها : ان « با » ليست تماماً « ب » ثم « ا » ، ولا اللحم يساوي النار والتراب . إذ بعد اقتراف العناصر ، ينعدم وجود اللحم والمقطع ، في حين تبقى الأحرف موجودة وكذلك النار والتربة . فالمقطع إذن هو شيء آخر غير الحروف ، الصوتية والمدة . ان المقطع هو شيء آخر . . » (أرسطو ، الميتافيزياء Z ، 17 ترجمة ج . تريكو J. Tricot ص 308) .

ان فكرة المزاج تنطلق من هنا : انها لا تعني تلاقي الطبائع بل توازنها المنسجم .

ويحتفظ القرن 16 ببعض مبادئ ارسطو وغاليلان . ان الحي يعتبر ، كشكل محصور في مادة يحملها .

وعلى كل ان هذه القوة الشاملة المنتشرة في الككل الذي يتحرك بها ، تنحرف بحسب درجة التوحيد والاندماج الناجحة : ويميز بهذا الشكل النباتات والحيوانات والبشر . وتقتصر النباتات على وظائف النمو والتغذية والتكاثر ، وظائف تضيف اليها الحيوانية الاحساس والحركة ويضيف اليها الانسان أخيراً الفكر وعواقبه .

ولكن القرن 17، يهاجم هذه الفيزيولوجيا اللامادية الغائية والترايبية .

هذا الصراع الذي لا هوادة فيه ولّد التشريع الحديث - الأكثر بعداً عن المخادعة من علم الفلك - ويصف الحقيقة أقل مما يعرضها، ويسحبها من القدرات التي تعتم عليها، وبصورة خاصة يحاول أن يستمدّ تفسير عملها من مجرد ترتيب أو تصوير الاجزاء . وباختصار اكملت المدرسة الايطالية، مدرسة بادو Padoue، وخلفاء فيزال Vésale وفالوب Fallope وكولومبو Colombo ودوستاتش d'Eustache غاليليه الذي علم في مدينتهم منذ 1592 .

التقاش حول القدرات الإنبائية : التمثل والهضم - هل لأن الفيزيولوجيا الإنبائية قد صنف في أسفل درجات السلم ولأنها المثقلة أكثر من غيرها باللامادية ، كانت الأكثر تطوراً في القرن 17 ؟ وإذا كانت الوظيفة الغذائية ، والهضم ، لم يتوضّحا إلا في القرن 18 ، إلا أن القرن 17 عرف كيف يتساءل حولها . هذه العملية ، عملية التعصير (تحويل الطعام الى عصارة) فيها ما يعجب ويأسر :

يقول كورو دي لاشامبر Cureau de la Chambre : « انه لشيء مذهش ان تتحول لحوم سوداء او حمراء او خضراء الى البياض بمثل هذه السهولة ، وان تصبح الاشياء المرة او الحادة او المالحة لطيفة بهذه السرعة ، وان الاشياء القاسية والكثيفة تتحول سوائل ولطائف ، وان تتحول اللطائف الى كثافات » (نظرات اخرى حول الهضم ، 1636 ، ص 31)⁽¹⁾.

يومئذ ثبت ان هذا التحول لا يتم بفعل طهو بسيط : ان الحيوانات الباردة تهضم . كما ان الحيوانات (الكواسر والطيور والحيات) ترسل ومضات غير مباشرة : لان بعضها يلتهم بدون علك، وقد استبعد التفسير الميكانيكي للهرس . وقد جرى البحث عن نموذج تفسيري : فلم يعد يمكن الركون الى الصورة المألوفة حول الطبخ ولا الى الرسمة الفيزيائية للتحريك او الخضم . ورد فان هلمونت Van Helmont في كتابه « حول الهضم » التمثل الى سلسلة من العمليات التخمرية ، بل انه ذهب الى ابعد : ففصل بقوة الاشياء المعدوية (الاسيد) عن الاشياء الامعائية (القلوية) ، وحلل العصارة المعدوية وفرض بصورة خاصة ، في هذا المجال ، حلاً بيولوجياً كيميائياً :

« ان « المدايرس » وقد ضللتها الحرارة الملموسة في الحيوانات، كما ضللتها استعارتها العادية، تشبه الهضم بالطنجرة التي تغلي، وتظن ان الحرارة هي السبب الطبيعي والفعال في الهضم وفي كل العمليات من ذات الطبيعة . . . الا ان اعتبار اللحوم (رغم طهوها) لا تنقلب تماماً الى عصارة حلبيية

(1) ان هذا المؤلف لكورو دي لاشامبر Cureau de la chambre ، لم يشتهر بافكاره الغريبة بقدر ما اشتهر بمقدمته العنيفة : انه ينادي بان الوقت قد حان لترك اللاتينية كلغة للعلم : انها لغة صالحة لكتابة الاساطير او كتابة التاريخ الماضي ، انها اعجز من ان تستخدم لاستطلاق الطبيعة، الموجودة الحاضرة . « (راجع فضلاً عن ذلك ، ف. برونو : تاريخ اللغة الفرنسية مجلد III ، قسم 2 (1600 - 1660) ، ص 715) .

ولكن الخيوط تبقى دائماً كما هي ، مَرَقَ مركزه، فمهما برع دعاة هذه المدارس في تفسير ذلك ، فإن الواقع يحملهم على التردد في آرائهم . . .

وهكذا تخلت الفيزيولوجيا الهضمية عن بعض رواياتها، وإن هي لم تحل المشكلة حقاً ، فقد عرفت ، في القرن 17 كيف تجدها . ولم يعد امام ريو مور Réaumur وسبالانزاني Spallanzani الا ان يكملوا الحركة التي اطلقها فان هلمونت Van Helmont ، الذي يعتبر رائد البيوكيمياء (علم الاحياء الكيميائي) .

مسألة أخرى حول الانباتي : التوالد العضوي والانجاب . ولكن النقاش تناول بشكل خاص اهم الوظائف النباتية = التوالد والتناسل او الانجاب . ويقدر ما هي إنباتية ، حتى في اواخر القرن (مع كامرياروس) Camerarius أقر بالجنس ايضاً للنباتات . فالارسطية ، بعد مراجعة غاليلان لها وتحسينها ، زادت في اهمية هذه المسألة بمقدار ما عجزت الميكانيكيا الطيبة عن إستنباط تكوين الكائن الحي وتكونه التدريجي من قوانين المادة فقط ومن الحركة . هذا الفشل الذي اصاب التخلق التعاقبي (épigénèses) زود البيولوجيا بالقدرات . ولم تحل البيولوجيا من القوة فهي تعرف حاجة الانجاب الى شخصين من جنس مختلف . وإذا كان البذار الذكر يوصل الحياة ، فإنه لا يستطيع تحقيقها مادياً ، بل تفعيلها ، دون أن يدخل من الرحم : وبالتالي فإنه ينقل تأثيراً أو قوة تكوينية . أما الأنثى من جهتها فتقدم الأرض أو المادة الضرورية لنمو النطفة .

وكتاب هارفي Harvey « أكرزستاسيون دي جنراسيون انيماليوم » Exercitations de generatione animalium (1651) جاء ليؤكد الحل الارسطي . تتبع هارفي Harvey بدقة النمو النطفوي عند الفرج ، وشرح الظباء وأثاث الايل التي سمح له الملك شارل الاول بتشريجها : وبعد ملاحظاته الغي الفرق بين البياضات والولادات . ومن هنا سارت الكلمة Ex ovo omnia . لا شك انه خلط بين البياضة والنطفة في الايام الاولى يومئذ وربط ايضاً بين الحيوانات التي تبيض قبل الاخصاب والتدييات التي تعكس الاحاين وتبيض بعد الاخصاب . وتذكر دائماً حالة السمك الذكر الذي يرش ويغصب من الخارج البيوض ، لان البذار لا يفعل الا بفعل الفرج او الرائحة .

وبصورة تدريجية توضحت عملية « البيض » (Ovisme) في كتاب « موسكولوس . . . » De Musculis لستينون (1664)، وفي برودوموس (1668) لفان هورن ، والانثروبوجينيا لكركون (1671) وخاصة كتاب « موليوروم » Mulierum لرنيه دي غراف Regnier de Graaf « ويستخلص منها ان المبيض ، الذي خلف الرحم ، هو الذي ينزل البيض ، وعن طريق القنوات تصل البيوض الى الرحم . وهكذا اخذ تشريح وفيزيولوجية البويض تخرج من ابهامها الاول . وهناك تجربة من بين محارب اثبتت وجود انتقال « للبذار الانثوي » ان ربط الانابيب يوقف كل امكانية اخصاب .

ولكن ليونووك Leeuwenhoek سنة 1677 ارسل الى الجمعية الملكية رسالة يصف فيها الحيوانات المنوية ، المتحركة بدورها . واكد العالم الميكروسكوبي هارتسوك Hartsoeker ، في مراسلاته

مع هويجنس (1678) Huygens على وجودها (انها ليست خيوطاً مبهمه ، تحركها الحرارة) وعلى صفاتها .

مثل هذا الاكتشاف يعارض النظرية البيضية التي ترى ان النطفة قائمة في البيضة . اما الحيويون المتوي ، فبالعكس ، انه هو الكائن الحي بحق ، واذن فهو حامل النطفة . وتحت ضغط الوقائع . كان لا بد من الاتجاه نحو نظرية « البويضة الدودة » اي الاعتراف بدور ضروري للسائلين ولكن العائق الرئيسي ضد المزج والتركيب بينهما يقع ابعد من ذلك .

هناك مسألة اكثر اهمية ، تأتي على هامش السابقة ، وتسيطر على فيزيولوجيا القرن 17 : انها مسألة الخلق والتكوين اكثر مما هي مسألة انماط او ظروف التكوين : او ان هناك اوالية (ميكانيسم) دقيقة تحاول عبثاً ان تبني الكائن الحي بحسب قوانين المادة فقط او هناك ، ونظراً لاستحالة مشاهدة هذا الصنع ، لا بد من القول « بسبق وجود » كائن حي في « البدار » ، يجب افترضه ، لاننا لا نستطيع تكوينه . وفي هذه الفرضية تطرح مسألة ثانوية نفسها لمعرفة اي من الاثنين البويضة او الحيويين يحتوي النطفة .

ورحتى اذا بدا وجود الاثنين ضرورياً ، فان نظرية الایبجنتیک épigénétique (القول بان الجنين يتكون بسلسلة من التشكلات المتعاقبة) ، كما نظرية التراكم او الولوج ، تصطدم بمسألة الاورغانوجينيز Organogenèse (نظرية سبق تولد الاعضاء وتكونها في الجنين بل والنطفة) : كيف يولد وكيف يتحقق وجود الكائن الحي ؟ تجميع عفوي عارض للاجزاء او مجرد امتداد جوهر ؟ لقد عجز الفيزيائيون الجدد ، والقائلون « بسبق التكوين » ، من جهةهم ، استبعدوا المشكلة دون ان يحلوها . وفي آخر القرن 17 ، سوف تدهمهم جميعاً الاعتراضات . ولكن الفكر لم يستطع الا التراجع بين العودة الى المادة العارية او اللجوء الى إله واحد خالق . ان العلوم المتعلقة بالنمو والتنظيم لا يمكن ان تنشأ في القرن 17 . فازدهارها يفترض مقدمات عديدة تطرح بالضبط على بساط البحث ، وبأن واحد ، إله المثاليين وكون الميكانيكيين ، الذين يكمل بعضهم بعضاً أكثر مما يتعارضون رغم المظاهر .

اكتشاف الدورات الثلاث - ولكن الفيزيولوجيا المتعاقسة والغاطسة في مشاكل القرن 17 ، سرعان ما ستتحرر : فبشأن الدورة الدهوية ، وهي حركة تقع ظاهرياً ، في نظر المؤلفين عند حدود الإنبات الاحساسى الدقيق ، وفوق الغذائي ، انما تختلف عن القدرة المحركة (تكون الافكار ، حركة القلب والشرايين ، التنفس) . هذا الاكتشاف اوضح مجملأ مخالفاً للمألوف الاعراب عنه لم يتم الا على مراحل ومزقاً مرقاً . وكان ان ادرك هارفي Harvey وحده المجمل (1628)

والحق يقال ، ان العدد ليس دورة واحدة بل ثلاث دورات . الاولى ، الصغرى ، تتعلق بمرور الدم الذاهب من البطن الايمن من القلب ، الى الرئتين ، ثم منها يعود الى البطن الايسر ، وكانت هذه الدورة قد وصفت من قبل ميشال سرفت Michel Servet سنة 1553 في كتابه « كريستيانيسي رستيتسيو » Christienismi Restitutio ثم اخذها عنه فيزال Vésale 1555 وكولومبو Colombo

1559⁽¹⁾. ولكن التساؤل لماذا وصفت هذه النظرية في كتاب لاهوتي ؟ اجاب على هذا السؤال فيزيولوجي شهير بما يلي :

« ورد في الكتابات المقدسة ان الروح هي في الدم، بل ان الروح هي الدم بالذات. ويقول سرفت : لكي نعرف كيف تتكون الروح، يجب ان نعرف كيف يتكون الدم، ولمعرفة كيفية تكونه يجب ان نعرف كيف يتحرك... من هذا الدم بالذات، الذي تشكل منه الروح تتكون النفوس او العقول... ان النفس الحياتية تتكون من مزج الهواء « المأخوذ بالشهيق، بالدم الذي يرسله البطين الايمن الى البطين الايسر، مزج يتم في الرئتين، إذ يجب ان لا نعتقد كما يقال عادة ان الدم يمر من بطين الى آخر بواسطة ممرات بينها. انه لا يمر من بطين الى بطين الا بعد اجتياز الرئتين ». (حول اكتشاف الدورة الدموية، جريدة العلماء، نيسان 1854 ص 194) .

ولكن الثانية، الدورة الكبرى، تكمل الأولى : في سنة 1593 لاحظ العالم النباتي سبزالينو Cesalpino (كستيني بريباتيتيكا) (Quaestiones Peripateticae) اننا اذا ربطنا اوردة الذراع، فان تدفق الدم يتجمع لا فوق الرباط بل تحته. يدل ذلك على ان الاوردة تأخذ الدم الى القلب وليس العكس.

وعقب 1574، وصف فابريسيو داكوابندنتي Fabricio d'Acquapendente بدقة صمامات داخل بعض الاوردة. وهذه الصمامات تساعد على صعود او عودة الدم. ولكن اذا كان فابريسيو ricio وسبزالينو Cesalpino أول من وضعها الأيسر الأولى. للفيزيولوجيا المتعلقة بدورة الدم، فان هارفي Harvey هو الذي جمع العناصر المتناثرة، واستخرج بوضوح الوظيفة.

وكتابه لسنة 1628 « اكزرسيتاسيون... Exercitationes » يلفت النظر بقوة المجموع الاستثنائية اكثر مما يلفت بتنوع الحجج المستعملة (التشریح المقارن، الحسابات الدقيقة، الدعامات الجينية) .

وهكذا « كلما كانت الشرايين اقرب الى القلب كلما زادت اختلافاً عن تركيب الاوردة وكلما كانت اقوى واشد تماسكاً. ولكنها في تشعباتها الاخيرة، كما في اليد والقدم والدماغ وأغشية الأمعاء والخصيات، ذات بنية متشابهة حتى يصعب تمييز بعضها عن بعض بمجرد فحص اغشيتها... وكلما كانت الشرايين ابعد عن القلب كلما قلَّ اهتزازها بالنبضة التي تتوزع على مجموع واسع » (ترجمة شريش Ch. Richet 1879، ص 174) .

ليس هذا استباقاً لمالبيجي Malpighi، سيد الوصف الدقيق والذي سرعان ما سوف يكشف

(1) ان منشأ هذه النظرية قد سبق وذكر من قبل ر. آرناالديز R. Arnauld (مجلد 1، القسم الثالث، الفصل 2) ومن قبل م. د. غرميك M.D. Grmek (المجلد 2، القسم الأول، الكتاب 2، الفصل 3) .

عن الشبكة الشعرية الشريانية الوريدية (1661) ؟ لقد ارتكزت الفيزيولوجيا الهارفية بشكل خاص على التشريح المقارن وبشكل منهجي :

« ان خطأ التشريحيين المتكاثرين ، انهم ارادوا الكلام عن اعضاء الحيوانات والتعرف اليها ، قاصرين دروسهم على الانسان ، وحتى على الجنة البشرية ، متصرفين مثل اولئك الذين يريدون معرفة السياسة من دستور بلد واحد . . . عند الاسماك التي ليس لها الا بطين واحد (لان ليس لها رئة) ، تبدو علاقة القلب بالاوردة سهلة الرؤية » (ص 91) .

او حتى : « الاثرى ، في البيض الذي تحضنه دجاجة وفي الاجنة المنتزعة من رحم بعض الحيوانات ، القلب يتحرك كما عند الراشدين ؟ » (ص 95) .

من دفة الى دفة يثير كتاب « دي موتو » De Motu الدهشة بفعل حسه العملي الحاد ، وبجرأة فرضياته ، ومنطقة الدقيق : معه ولاول مرة ، تحررت حركة بيولوجية حقيقية ، مرئية في مجملها ، محللة حتى في اواخر نتائجها : « ولهذا السبب تفعل الادوية الملصقة من الخارج كما لو كانت تبتلع . . ان الاوردة تمتص من مساهما المواد المطبقة على الجلد وتدخلها في الدم . » (ص 154) .

ذكرنا ثلاث دورات دموية : الثالثة ، مستقلة ومختلفة عن الاوليين ، وهي ترتدي ، من جراء هذا اهمية لا تنكر . ولم نمر بدون نقاش رغم انها ليست اقل ثورية من السابقتين . من ذلك ان ج. أسلي G. Aselli وهو مشرح من بافي قام سنة 1622 ، وبقصد التثبت من دور الاعصاب وتأثيرها وكذلك من تكوينها ، بشق الغشاء الحاجز ، ولكنه قلما استلقت حركات الصدر بل الاوعية البيضاء كلياً .

وربط هذا الوجود بالواقعة ان الكلب قد أخذ للتو طعامه : في الحيوان الصائم ، لا يمكن ان نشاهد هنا هذا النوع الرابع من الاوعية Mesaraïque (بعد الاعصاب ، الشرايين والاوردة) . لقد

سبق له استاشي Eustacchi سنة 1553 أن وصف مسافة الوريد الصدري . ولكن جان بيكت Jean Pecquet (في الدورة الدموية . 1651 ، وفي الصدر . . . 1651) رسم خارطة هذه الشبكة الجديدة للمفاوية والغذدية (العقدية) . ان عروق الكيلوس [المادة الغذائية التي يتحول اليها الطعام بعد الهضم] تتصل في خزان (يسمى خزان بيكت) Pecquet ثم عبر قناة استاش Eustache ، تنضم الى الاوردة تحت الترقوة [عظم اعلى الصدر] . نتيجة عظيمة ، احدثت الكثير من الانقلابات ومنها « الدورة الكبرى » : ان الكيلوس Chyle (اي بعض الاطعمة المهضومة) لا يمر عبر الكبد ، المقالة من مكانها المركزي ، ان الغذاء قد يذهب مباشرة الى الدم عن طريق الاوعية للمفاوية ، واخيراً عزم الدائري توماس بارتولين Thomas Bartholin (الاوردة للمفاوية 1653) النظام : في الكبد بالذات ، اكتشف اوعية غير مملوءة بالكيلوس Chyle الابيض الهضمي ، بل لمفاً شفافاً ، مرئياً على كل حيوان صائم ، وبصورة خاصة ، الاربطة ، واثبت دورة هذا السائل : ضربة جديدة ، نوعاً ما ، صوبت للغدة الكبدية ولسيادتها الفيزيولوجية .

الفيزيولوجيا الحسية المحركة - الحيوان الآلة - تتميز الحياة الحيوانية بالحسية وبالحركة

وتشكل الفصل الاعلى في الفيزيولوجيا. ومنذ زمن بعيد، كان غاليلان قد عبّد الطريق، وفصل الاعصاب الحسية (الطرية) والاعصاب (القاسية) وانزل القلب الارسطي عن عرشه، وكشف اهمية الدماغ، وركز في المخيخ اصل هذه « النسمة » Pneuma التي تسري في الاعصاب، وتضخم العضلات وتحكم بالحركات.

في القرن السابع عشر ضخم ديكارت هذا الاسلوب في الرؤية : ان الارواح الحيوانية ، التي ليس لها من الروح الا الاسم ، والتي هي دوماً تعمل ودوماً في غليان ، لانها تتولد من حرارة القلب، وتفرغ من الدم الحار، تفسر الحركات الاوتوماتيكية المعقدة، التي تنفذها الحيوانات. والحوافر الحسية التي شبيهها ديكارت باصابع لاعب الارغن على المفاتيح، تشغل بصورة غير مباشرة مجرى الافكار. وأصبحت الغدة الصنوبرية المركز الذي اليه تصل الاوامر الآتية وعنه تصدر الأجوبة، وحيث أيضاً يمكن ان تتحول الافكار، عند اللزوم، الى حركات. اتنا الى حد ما، وبشكل صريح امام نوع من « المنظم ذي الكرات » المكيف بصورة خاصة. وبحسب الوسط، فان تغييراته، والضغطات المتنوعة فيه، تغلق ابواب الدخول او تتدافع. آلة ذات تسير ذاتي كامل وغائي هادف لانه ينظم ويتجاوب مع مقتضيات الوسط .

ولكن الفيزيولوجيا العصبية Neurophysiologie في القرن 17 عاشت بصورة رئيسية على معارضتها، المُنقعة الى حد ما، لهذا المفهوم، لهذا النظام الذي عاضده واغناه الكثير من الفيزيائيين :

1- من ذلك ان البعض حاولوا ابدال « الرسيمة الحرارية » باخرى كيميائية، اكثر تجانساً مع الظاهرات العصبية في حالات الالتهياج، والرجفة والاضطراب او الاختلاج. ان التقلص العضلي يحصل تصوره عندئذ وفقاً لتفجر داخلي، خاصة اذا كانت الشبكات العصبية (الحسية والمحركة) لا يعود باستطاعتها ان تشكل انابيب واربطة . ولا العضلات ان تكون خزانات. وجدد تيوفيل ويليس Th. Willis ، كما بين ج. غانغليهم G.Ganguilhem : في كتابه « في المجرى العضلي 1670 » عرض ويليس تفسيراً قوياً غير ديكارتي للتقلص ، وفوق ذلك ايضاً ، أبرز ويليس، وهو الاول في هذا، حقيقة الانعكاس، وفرز من هذا الواقع غطين من الاجوبة : « الحركة العفوية او الارادية، المحكومة بالنفس الدماغية، والحركات الطبيعية او غير الارادية المحكومة بالنفس المخيخية »⁽¹⁾. واذا كان جوهر النيورولوجيا « علم الخلايا العصبية » يكمن في تحليل الاعمال المنفذة، بدون جدل ولا نزاع، فان ويليس Willis، افتتح واسر حقلاً جديداً للتجريب. وقامت مقاومات واعتراضات، من ذلك ان ريجيس Régis الديكارتي :

« لا يمكن تصور كيف ان تخمراً يبدأ ويتوقف حالما يكون من الضروري ان يبدأ ويتوقف من اجل تحريك اصابع ضارب الارغن او لاعب اللوث (القصب) وبالسعة التي يحرك بها هذه الاصابع »

(1) ج. غانغليهم ، « La formation du concept de réflexe au XVII^e siècles » ، باريس ، 1955 ، ص 72 .

(نظام الفلسفة ، مجلد II ، 1690 ، ص 538)

2 - والنصف الثاني من القرن 17 سوف يكون مفتوحاً امام مسألة معرفة هل السلوك الحيواني يمكن ان يرد الى نوع من الآلية الاوتوماتية ام انه يجب الاعتراف للحيوانات بنوع من النفس . وهي مسألة سيكولوجية فيزيولوجية واسعة ، جرى بحثها كثيراً ، وفيها تصادم التيلوجيون والميتافيزيكيون والاطباء ورجال الادب (لافونتين خطاب الى مدام دي لاسابلير De la Sablière حول نفوس الحيوانات) : ان الديكارتيّة بتفسيراتها الميكانيكية رأت ان من واجبها التراجع . وضمن ملاحظات شديدة التنوع ، وحجج قليلة تتفاوت بقوتها قام اليسوعي بارديز Pardies (خطاب حول معرفة الحيوانات 1672) ، والاورانوري [عضو جمعية كنسية] ج . ب . دو هاميل J.B. DE Hamel (محرك الجسد 1673) ، والطبيب لامي Lamy (خطاب في الاناتوميا 1675) ، وخاصة ويليس Willis (آنيما بروتوم 1672) ينازعون المكتنة ويدعون الى حركة طبيعية وحتى الى نوع من الاحيائية . وتدل بعض عناوين فصول كتاب ويليس Willis على طرحه :

الفصل 2 - Animam brute esse corpoream et ingeam

الفصل 4 - De Scientia sive Cogitatione brutorum..

الفصل 7 - Anima corporea sive Brutorum..

الا ان كوردموا Cordemoy (تمييز الجسد والنفس ضمن ثلاثة خطابات 1666) ، وروهلت Rohault (محادثات حول الفلسفة 1671) أو ديلي Dilly (في نفس الحيوانات ، 1676) قاوما هذه النظرية « الجسم الحي Anima Corporea » ولم يريدوا ان يروا في الاحسام الا مجموعات « مائية هوائية » .

« اني ارى مثلاً اننا نغلا كل يوم ساعة دقاقة ولا ارى اننا نعيم آلة كلب . فقلت له : كل الالات لا تعباً بنفس الشكل ، وليست كلها ذات عوائق او افعال ، كمبادئ لحركاتها . ان ساعة الجيب ذات زنبرك ، لها آلة لادارتها . وبعض مدورات السفود ، لها دخان المدخنة يديرها . اما الطواحين فلها الماء والهواء . واما ميزان الحرارة فمحركه الحرارة او البرودة في الهواء وميزان الطقس والارتفاعات تحركه الجاذبية الارضية . وميزان الرطوبة تحركه درجات الرطوبة والحيوانات تحركها اطعمتها ، بحيث يمكن القول ان آلاتها تعباً كلما اعطيت لتأكل او تشرب » (روهلت Rohault ، محادثات ، صفحة 153) . لا شك ان روائع البنائين يومئذ ساعدت على مقارنة الجسم بالآلة « جسم آلة » .

« ان التمثال الحديدي الذي استطاع سجين في الزمن القديم ، بمهارته ان يوصله بعد عدة الاغيب الى قصر ملك مراكش ، لكي يقدم له راکعاً استراحته ، ويعدده عاد هذا التمثال الى سجنه ، هذا ايضاً امر ملحوظ ، وكذلك رأس الآجر الذي صنعه البير الكبير Albert le Grand الذي تلفظ ببعض الكلمات .

والهدف الذي حدده لنفسه م . ريزيليوس M.Reiseliuss ، منذ عدة سنوات ، كما اشرنا نحن الى

ذلك في غير هذا المكان، ويعد ان توصل الى تنفيذه... هو ايضاً اكثر اثارة للاعجاب. انها ليست حركة خارجية لا عابثة، وتقتصر فقط على بعض اجزاء الجسم والذي اجبر الالة على تنفيذه، مثل كل الآخرين - انها عملية شاملة ومشاركة في كل عادات الجسم، واساسية بالنسبة الى حياة الانسان : انها دورة الدم والارواح «(جريدة العلماء، صفحة 501، نهار الاثنين 22 نوفمبر (تشرين الثاني) 1683).

3 - وهناك مسألة اخرى : ان الامتياز الممنوح للغدة الصنوبرية هل هو في غير محله ؟ على هذا سحب المهندس الشهير والعالم التشريحي والحيواني ايضاً، كلود بيرولت Claude Perrault، سحب قطعاً قطعاً، من حيوانات مختلفة، نصف طاسة الدماغ، وتوصل، ضمن هذه الشروط الى اكتشاف وظائف اولية للمخيخ (الذي كان مرشحاً لسيادة طويلة) وكذلك للنخاع الطويل (دودة الظهر). وهكذا زعزع احد دعائم البناء الميكانيكي عند الديكارتيين (وكذلك فعل بذات الوقت كيميائيو التخدير وعلماء البسيكوفيزيولوجيا بالنسبة الى السلوك الحيواني).

التمييز بين الحياة والفكر في الحياة - واخيراً، وعلى ثلاثة مستويات (انباتي، دوران الدم، وتحريكي) لمعت فيزيولوجيا القرن السابع عشر بنتائجها اكثر مما لمعت بالتجربة الجريئة والمنهجية التي حركتها

ونذكر اولاً ان الفيزيولوجيا لم تنتظر القرن السابع عشر لكي تتطور : لقد ركز اسمها غاليلان Galien وعرف اساس مناهجها. اما العملية الطبية التي تميز بها هذا العصر، فان كانت مدينه الى غاليلي بازدهارها (حتى ان المدرسة الايطالية الشهيرة، مدرسة بوريلي Borelli وبليني Bellini وباغلفي Baglivi، استطاعت تطبيق قوانين الهيدروليكي على الحركات وعلى الوظائف العضوية)، ان هذه العملية الطبية قد استمرت بحركة كانت سابقة وموجودة مستلهمة من الفيزياغورية. وعاد سانتوريو Santorio الى مبادئ نقولا دي كوي Nicolas de Cues (دي ستاتيسيس اكسبريمانتيس، 1450) وكان الأول من بين كثيرين الذي لجأ الى آلات القياس : في هذا الامتداد، وضمن هذا الخط، اخترع سانتوريو Santorio سفيغوموتر Sphygmomètre، واستخدم ميزان الحرارة، واوجد ايضاً الستاتيكا الطبي (1614)، الذي بواسطة مقعد مربوط بميزان، يمكن من وزن ما يبلعه الانسان، وما يفقده او يخرج من عرق وابخرة. ولكن الشجرة يجب ان لا تحضي الغابة، وبهذا المعنى، ومنذ القرون الوسطى، ولعدة اسباب سرت الدعوة الى تقليص البيولوجيا وقصرها على الميكانيك الخالص، كما دعا البعض الى تشبيه الظاهرات النوعية في الحياة بالكميات (مجال الاشكال) : منذ كتاب كانتيباس... Quantitatibus لريكار Ricart، حتى العديد من «العدادين» في القرن الخامس عشر والسادس عشر من ليونارد دا فينشي، حتى مارلياني Mariani.

وبالاختصار لا محاولة تصنيف الكائن الحي تحت عنوان الفيزياء، ولا وصف الاجسام الحية، يتميان الى القرن السابع عشر بخاصة. وبالمقابل ان هذا القرن يتميز بجرأة في النهج والطريقة لا مثيل

لها : انها محاولة المكننة الى اقصى حد بعد ان بررتها الميتافيزيا . انه تأويل مُسرف ولكنه خصب لأنه طرد الارواح او القدرات التي لا تدرك ، شجع علم التشريح الميكلي كما شجع اكثر، بعد تشبيه الحيوان بالجهاز (الساعة الشهيرة او الارغن) كما دعا الى فهمها فهماً كاملاً . فضلاً عن ذلك لم يجهل ديكارت الاتحاد الجوهرى بين الجسد والروح ، ولكن هذه الحياة المعاشة ليس لها اية علاقة ، في مجملها ، بنظرية الحياة . ان الوجود وجوهر الوجود منفصلان تماماً لان الثاني يستطيع ان يتمدد بحرية دون ان يتأثر أو يعاقق باصطناع الأول . وحرر ديكارت فضاءً مفهوماً خالصاً ، كما حرره من المفهومية المحدودة بالمكان .

وهذه البيولوجيا التي لا تستند على الشعور او تجربة الحياة سوف تُحسن من جميع الجهات : من قبل الفيزيائيين الذين لم يفصلوا تحليل الاجسام وتفحص الاحياء (من كلود بيرولت Cl. Perrault الى هويجنس Huygens ومن ماريوت Mariotte الى روبر بويل Robert Boyle) ، وبواسطة الآلات الجديدة ، الات العلم التجريدي ، وخاصة الميكروسكوب ، وعوامل اعم ايضاً مثل الآلية التي تنشر وتذيع ، والعديد من الجمعيات العلمية التي تكونت ، مثل الاكاديميات او حتى الصحف التي نشرت العقيدة الجديدة . وهكذا خدمت المكننة المنهجية غير المحدودة ، البيولوجيا : أخرجتها من محورها التجريبي واثارت فيها فيما بعد حساً نقدياً وضعياً سوف يعطلها . انها عاصفة جدلية من الاستخدام والرفض .

ولكي نختصر ايضاً ، ان لم نسط ، يبدو ان الفيزيولوجيا بخلال القرن السابع عشر ، كانت سائرة وتركت ارضها التي نشأت فيها : لقد ولدت في ايطاليا ، وغت بصورة رئيسية في القرن السادس عشر حيث ولد التشريح والبيولوجيا التي نتجت عنه . وصعدت الفيزيولوجيا بصورة تدريجية نحو هولندا حيث جدها الميكروسكوب واعطاها وضوحاً (سوامردام Swammerdam وليونووك Leeuwenhoek) . وسرعان ما وجدت في فرنسا ارضها وبهاءها . ولكن التجريبيين الانكليز - روبر هوك Robert Hooke (ميكروغرافيا ، 1665) وروبر بويل Robert Boyle (نوفا اكسبريمتا ، 1671 ، ومديسينا ايدروستاتيكا 1693) وويليس Willis ، بانتظار نيوتن نفسه - حولوها ونقلوها من الكيمياء التخمرية إلى كيمياء القوة والطاقة .

وغيرت الفيزيولوجيا سواحلها . وانتقلت بصورة غير محسوسة من الجنوب الى الشمال ، من عالم المتوسط حيث تكونت وتصورت الى انكلترا حيث بدأت من جديد .

الفصل الثالث : الطب

لم يبد القرن السابع عشر، لأول وهلة، ربما، كمعصر باهر اذا قورن بالقرن الماضي الذي تحلى عن الطب القديم وانجه نحو طب الملاحظة الدقيقة ، التي هي المصدر الوحيد الممكن للاكتشافات الجديدة. الا ان هذا ليس الا مظهراً لان كل اساليب العمل المستحدثة في عصر النهضة كانت ما تزال تستعمل بعده، الا ان البذور الغنية التي انتشرت قد استخدمت واخذت تعطي ثمارها. واذا كان القرن السادس عشر، قبل كل شيء هو عصر التشريح ؛ فان القرن السابع عشر كان عصر الفيزيولوجيا، وهو علم مرتبط باحكام بالعلم السابق اي التشريح ولمدة طويلة ، ولكنه لم يكن ليزدهر الا على اساس من المعارف التشريحية المثينة والمقررة بصورة مسبقة. لا شك ان القرن السابع عشر قد عرف ايضاً تشريحين، ولكن الكتب الكبرى قد كتبت . واذا كان القرن السابع عشر قد عرف اطباء مشهورين ، في مجالات متنوعة ، الا ان هذا القرن الجديد سوف يظل قرن هارفي Harvey، نظراً لان اكتشافه للدورة الدموية الكبرى احدث انقلابات في معتقدات عمرها الاف السنين . اما نتائجه في معرفة الطب الحديث فكانت لا تحصى .

وعلى كل ، نحن وضعنا انفسنا على صعيد اعم ، واذا تذكرنا بأن الطب كان مشتقاً من الفلسفة، فان اسماء : غاليليه Galilée وديكارط Descartes وفرانسيس باكون Francis Bacon ونيوتن Newton وليبنيز Leibniz، تستحق ان تذكر، نظراً لما كان هؤلاء الرجال من اثر على الفكر الفلسفي والعلمي لدى معاصريهم . وتعود مؤلفاتهم ، باستمرار الى ذاكرة العلماء وهم يسألون بحرارة عن اسرار الجسم البشري ..

I - التشريح البشري

ان اكتشاف الميكروسكوب سوف يوسع بشكل ضخم حقل الاستقصاء عند التشريحين، وسوف يخلق علماً جديداً هو التشريح الميكروسكوبي. ومن بين فروع التشريح هناك فرع علم تشريح العظام ، وهو العلم الذي خضع لمعالجات كثيرة ، ربما لانه كان اسهل تناولاً . الا انهم لم يكونوا يرون فيه الا فصلاً مؤدياً الى دراسة طب العظام .

ان التشريح لم يقتصر دائماً على عمل علماء التشريح . فالكثير من الجراحين بل والاطباء انصرفوا اليه أيضاً . وعظام الجمجمة كانت موضوع أبحاث عديدة ، وخاصة العظم الإسفني والعظم الغربالي ، وأيضاً العظام ذات الأحجام الصغيرة . وكان مبحث العضلات ذا مقام أيضاً ، فدرست مثلاً العضلات المحركة للعظام الصغيرة . وبين نقولا ستينون Nicolas Sténon بأنه يجب اعتبار القلب عضلة ، وكان في هذا تجديداً كان له وقع كبير

اما البحث في الاوعية الدموية فقد لاقى اهتماماً كبيراً بفضل هارفي Harvey . وجرى التعمق ايضاً في نقاط تفصيلية مثل الدورة الكورونية (الناجية في القلب) كما جرى الاهتمام ايضاً في طبابة القلب . وتنفتح جدران الشرايين لاقى اهتماماً من العديد من العلماء الذين عالجوه أما طلياً واما بالجراحة . ونشير الى خطأ قبل لمدة طويلة ، وتناول الشرقيات النيرولفاوية . مما يدل على ان المراقبة الدقيقة لم تكن دائماً مطبقة .

ان علم النيرولوجيا هو احد اقسام التشريح الذي استهوى عالم الطب . فقد انحنى الباحثون باهتمام على الدماغ وعلى المحور العصبي وكذلك الأغشية ، دون الكلام عن المناقشات الطويلة التي تناولت النفس وموضوعها ومكانها . وهكذا لحسن الحظ تطور العمل الذي بدأ به جاك سلفيومس Jacques Sylvius في القرن السادس عشر ، وركز توماس ويليس Thomas Willis اهتمامه على الدماغ والاعصاب الجمجمية (وكانت هذه الاعصاب غير معروفة كلها ، واسماؤها تختلف عن الاسماء الحالية) ، وركز ريمون فيسنس Raymond Vieussens على نفس هذه الاعضاء وعلى الجهاز العصبي الظاهري الاطرافي . وكانت اعضاء الحس موضوع بحوث لدى الكثير من العلماء . واسم آ.م فالسالفا A.M. Valsalva ، بصورة خاصة دراسة تشريح الاذن . اما علم البصريات فلم يقتصر على الاطباء ، بل ان العديد من الفيزيائيين تناولوا موضوع البصريات ومنهم بيرسك Peiresc ، والاب شاينر P.Scheiner وماريوت Mariotte .

واخيراً درست الاعضاء الكبرى بتفصيل اكبر . وكان كل دارس يحاول ان يأتي بدقائق جديدة ، مثل آ. فان سبيغل A. Van der Spiegel بالنسبة الى الكبد ولورانزو بليفي Lorenzo Bellini بالنسبة الى الكلتيين وج. س. بير J.C. Peyer وج. س. برونر J.C. Brunner بالنسبة الى الامعاء ، وج. ورسنغ J.G. Wirsung وستينون Stenon ، وتوماس وارثون Thomas Wharton بالنسبة الى الغدد . ولفتت الاعضاء التناسلية انتباه العديد من الباحثين ، وفي طليعتهم ن. هيمور N. Highmore ورونيه دي غراف Regnier de Graaf . واحدى سمات القرن السابع عشر كان ظهور علم الانسجة (كانوا يقولون يومئذ التشريح الميكروسكوبي) وكان ذلك نتيجة اكتشاف الميكروسكوب الذي طبع علم تلك الحقبة بطابع عميق . ونذكر اساء روبرت هوك Robert Hooke وانطوني ليونوك Antony Leeuwenhok ذي الفضول الذي لا يكل ، واسم مالبيجي Malpighi الذي ارتكب رغم اكتشافاته المهمة بعض الأخطاء . وطور فردريك رويش Fredrik Ruysch ، عدا عن دراساته في مجال الأنسجة

التشريح الميكروسكوبي فأكمل ، إن لم نقل اخترع ، تقنية الحقنة في الأوردة ، وعرف كيف يحتفظ بالجلث بحالة سليمة ولكنه لم يفصح عن تقنيته .

II - الأنظمة الكبرى

الطب الكيميائي - ان استعمال الكيمياء في الطب يعود الى باراسلس Paracelse وتلامذته ، ولكن هذه الثورة الضخمة هي بعيدة عن الاكتمال . وإدخال الاجسام الكيميائية ، في الاستطباب ، كان شيئاً آخر غير وسيلة لمنافسة الادوية الغالية . وهنا تكمن ارادة واضحة ورغبة في توجيه الاستطباب وجهة ذكية ، في حين كان حتى ذلك الحين حصيلة اساليب عملية موفقة الى حد ما . ولكن الى جانب الباراسلسين ، عرف القرن 17 ايضاً رجالاً كان هدفهم الحصول على الحجر الفلسفي ، وعلى الذهب المشروب وعلى البلسم الكوفي وعلى تحويل المعادن . وتميزت هذه الحقبة بالنزاع الشهير حول الانتيمون والذي يرجع أصله الى القرن الماضي . وكان هذا النزاع بين كلية باريس ، عدوة الدواء الجديد وبين دكاترة مونبليه الذين كانوا يحتكرون اماكن الشرف في البلاط ، وكان صراعاً حاداً وطويلاً - ودام مئة سنة - حيث ساد سوء الظن من الطرفين ، وحيث شوهد غاليليه من جديد ينكر بصورة رسمية المعتقدات القائمة في فضائل المعدن الشهير . ولكن الانتيمون خرج منتصراً ، بفضل الملك الذي شفي لانه شرب خيراً مطعماً بالانتيمون ، الامر الذي دفع برلمان باريس الى تركية الدواء المونبلياني بموجب قرار اصبح شهيراً . واحتلت المانيا ايضاً مكانة مهمة في مجال الصناعة الكيميائية ، كما دل على ذلك انشاء منابر في كليتها للكيمياء ، تقليداً لفرنسا ، وخاصة مونبليه ، وكانت ايطاليا والدول الاوروبية الاخرى قد عرفت ايضاً بعض الاطباء الكيميائيين انما باعداد اقل . وقام في وجه الغاليانيين اعداء التجديد الكيميائي ، امثال غي باتان Guy Patin وجان رولان Jean Riolan ، رجال امثال جوزف دوشن Joseph Duchesne (كرسنانوس) Quercetanus وت . توركت Th. Turquet من مايرن Mayerne . وبين هاتين الطبقتين المتعارضتين تماماً كان هناك بعض التوفيقين الاقل تعصباً امثال آنج سالا Ange Sala ودانيال سنير Daniel Sennert .

وهناك فئة اخرى اشتغلت من اجل اغناء صناعة الادوية بمستحضرات جديدة . وكانت هذه المستحضرات التي نمت وتطورت في كل مكان تقريباً من اوروبا الغربية ، من صنع الاطباء والصيدلة . وكانت تهتم بصورة خاصة بالادوية الكيميائية وكل المستحضرات الاجزائية الاخرى .

وكان الباراسلسيون وخلفاؤهم مدفوعين بحماسهم فحاولوا شرح الفيزيولوجيا البشرية ، وبالتالي الاستطباب بتفاعلات كيميائية . وكما يقول الأب ديلوي P. Delaunay ، فإن الإنسان قد أصبح وعاءً للاختبار . وهذه التجربة كانت جذابة ، لأن عمل الجسم إذا كان يتركز على الكيمياء فان الاضطرابات العضوية تنم ببساطة عن الامراض اما الاستطباب فينشأ حينما سبق بفعل عودة العمليات الكيميائية الى وضعها الطبيعي . وكان هذا الشكل من التحليل كاملاً . الا ان الذين كانوا يطبقونه ، كانوا يؤمنون ان الفيزيولوجيا والباتولوجيا اي علم الطبابة ليسا الا هذا ، وان كل

شيء يمكن ان يفسر عن طريق الكيمياء . ولهذا، واذا كانت بعض النجاحات الموفقة قد شجعتهم على الاستمرار في هذا السبيل، فان محاولات اخرى فاشلة اوقعت النظام كله في القشل، ومنسية ما يمكن للكيمياء ان تقدمه من افادة. ولهذا كان لا بد من انتظار الوقت الذي اصبحت فيه الكيمياء الخالصة بنياناً قائماً على اسس تجريبية متينة، قبل ان تستطيع من جديد احتلال مكانتها في الطب باسم الكيمياء البيولوجية .

كانت الفكرة الرئيسية عند ج. ب. هلمونت Jean - Baptiste Van Helmont (1644 - 1577) قائمة على ان الحتمية التي تسود الوظائف، كما تسود مصير الجسم البشري، هذه الحتمية تابعة لمبدأ غير مادي اسمه « الروح » (اسم اطلقه الكيميائيون على مبدأ الحياة). وهذه الروح تتبعها ارواح ثانوية ترعى عمل الاعضاء عن طريق مفعول الخمائر. ولما كان الغذاء هو اساس الحياة، وضع فان هلمونت Van Helmont مركز الروح الرئيسي في المعدة. وتفترس الامراض باختلال بين الروح الرئيسية والارواح الثانوية. وسبب المرض خارجي إذا كان الجسم المهاجم خارجياً عن الجسم وداخلي اذا كانت الاضطرابات وظائفية. ولكن هلمونت Helmont كتلميذ وفي لأبقراط يرى ان السبب الخارجي هو عنصر ثانوي. ان الجسم قد قبل المرض فمرض . ويقول معاصر نقول ان فان هلمونت Van Helmont يضع في المقام الاول مفهوم التربة الصالحة. ومن هذا فالمرض لا يطال الروح الثانوية، بل يطال الجسم بأكمله اي الروح الرئيسية. والطبابة تقوم اذاً على مساعدة الروح الرئيسية لكي تستعيد سيطرتها على اتباعها لا الاكتفاء بمعالجة المظاهر الخارجية. وكان هلمونت خصماً حذراً لآخذ الدم من الجسم، وللمسهلات لانها تضعف الجسم، وفضل عليها الادوية الكيميائية ومستخرجات الافيون والخمر. ويربط هلمونت الروح الرئيسية بالنفس التي تتألف من قسمين نفس غير مادية لا تفنى ونفس حسية تلف مع الجسد وتشكل غطاءً للاولى .

ويمكن وضع فرانسوا ديليو François Deleboe المشهور باسم سلفيوس Sylvius (1672 - 1614) على موازاة فان هلمونت لان الهضم والتغذية هما في اساس نظامه فضلاً عن ذلك كان يفسر الظاهرات الهضمية بالتخمير وبالفوزان اللذين يسببهما امتزاج الطعام بالريق وبعضارة البانكرياس وبالصفراف . ولكن هنا تقف المشابهة لان سلفيوس Sylvius يرفض كل فكرة الروح. والاضطرابات في الرطوبة التي لم تكن عند هلمونت الا مظهراً ثانوياً تشكل محور النظريات السيلفية .

كل شيء متعلق بالحموضة او بالقلوية، وكانت الحموضة المسيطرة في اغلب الحالات، تولد المرض من خلل في هذه الرطوبات. ان الحموضة قد تتفاقم او تصبح غير كافية، او قد يجب استبدالها بالقلوية .

ان الاستطباب ينبثق عنها ببساطة : ويكون في اغلب الاحيان قلوباً، ويمكن الامر باستخراج الدم وتسهيل المعدة الذي من شأنه ان يغير في حالة المزاج .

وعرف النصف الثاني من القرن السابع عشر تغارباً بين الخيمائيين والباراسلميين وانصار

سلفيوس Sylvius ، ونحسوم كل واحد ، في حين انتحي جانباً بعض الأطباء والكيميائيين والضيادلة أمثال نيكولا ليميري Nicolas-Lémery وميوز شاراس Moyse Charas فاستمروا في عملهم المفيد . مكتشفين أدوية جديدة وناشرين كتباً في الكيمياء ذات قيمة لا جدال حولها .

الطب الميكانيكي - حملت تجاوزات الاطباء الكيميائيين بعض العلماء على التصرف للعثور على نظريات اخرى لا تقل اغراءً . وكان للفيزياء ثماء سريع بفضل التجربة وبفضل غو الرياضيات وتطبيقها في هذا المجال . وجرى التفكير يومئذ في تشبيه الجسم البشري بألة وتفسيره بالحساب . وكان هذا مرة اخرى يعني الخضوع في كل شيء لنظام واحد . وادى الاسراف في هذا النظام ، ايضاً الى الوقوع فيها وقع فيه النظام السابق رغم احتوائه جزءاً من الحقيقة .

وفتحت الطريق المؤدية الى هذه النظريات الجديدة ، من قبل ديكارت الذي تصور ، في كتابه « حول الانسان » (الذي كتب سنة 1632 ونشر بعد ثلاثين سنة) ، تصور الانسان الآلة الذي لا يحتاج الى عوامل خارجية لتأمين مساره . وكانت الفيزيولوجيا والبياتولوجيا الديكارتية ذكية ولكنها كانت تشكو من صفتها الاستقرائية . فقد كان ديكارت يسرف في الاعتماد على قوة التحليل العقلي ولذا لم يعبا كثيراً بالتجربة .

وفي ايطاليا توصلت مدرسة غاليليه الى استنتاجات مماثلة للبيولوجيا الميكانيكية عند ديكارت ولكنها استقرضت من اجل هذا الطريق المنهج التجريبي . وتم ادخال التجربة الكمية في العلوم الطبية بفضل سانتوريو سانتوريو Santorio Santorio (1561 - 1636) الذي امضى قسماً من حياته جالساً فوق ميزان ، يزن بدقة طعامه وخروجه . ومن فرق الوزن استنتج وجود تعرق غير محسوس يؤدي نقصه اوزيادته الى حال من المرض . وعرفت نظرياته نجاحاً كبيراً رغم انه كان يفضل ابقاءها طي الكتمان بدلاً من عرضها بالتفصيل . وكان فضله في هذا الشأن انه ادخل في الطب استعمال الميزان ، فضلاً عن ادوات اخرى للقياس مثل ميزان الحرارة وميزان الرطوبة وميزان ضغط النبض . واصبح بالامكان بعد ذلك تقييم بعض الظواهرات الحياتية عددياً . وكان الممثل الرئيسي للنظرية الطبية الرياضية جان الفونسو بوريلي Gian - Alfonso Borelli (1608 - 1679) ، رغم ان آخرين قبله شبهوا اعضاء الجسم بالاشياء العادية كالمنفخ والمقص والمضخة والمضاغطة الخ . الا ان بوريلي Borelli التفت الى التقلص العضلي والى الحركات ، مميزاً بين الانواع الثلاثة من العضلات . وفيما بعد عكف على بنية الخيوط العضلية . واعتمدت ايطاليا بحماس النظريات الجديدة ولكن في بلاد نيوتن عرفت هذه النظريات التطبيق الامثل مستلهمة الجاذبية . اما فرنسا التي كانت تميل الى الطب الكيميائي ، فقد جاءت متأخرة قليلاً . ونذكر بصورة خاصة اسم جورجيو باغليفي Giorgio Baglivi ولورانتو بليني Lorenzo Bellini في ايطاليا واسماء جان كيل وف . كول J. Keill ، W. Cole ، وآ . بتكين A. Pitcairn وج . شين G. Cheyne في إنكلترا ، واسماء كلود بيرولت Claude Perrault ود . دودارت D. Dodart بالنسبة الى فرنسا .

ولم يقصر الاطباء الميكانيكيون نشاطهم على التشريح الفيزيولوجي ، لان نظامهم لم يكن له الا

هدف : العثور على سبب المرض ثم وصف الدواء الفعال . وحصل هذا بسرعة . ان حدة السائل العصبي ، تؤدي عادة الى التقلص العضلي ، وتحدث التوتر او الوهن ، والاضطرابات الدموية ، والانحطاط والالتهابات ، وهذه كلها لها اشكال متنوعة تتعلق بالاجزاء الاولى من الامزجة والاختلاط ، كما تتعلق بالاضطرابات الناتجة عن تمثل بعض الاجزاء الغربية او الاحجام المختلفة من الاجسام الخ .

واضطرب بعض الاطباء الميكانيكيين الى الاستعانة بالتفاعلات الكيميائية لاستكمال شروحاتهم . وكان بعضهم الاخر ينسب نظرياته امام المريض . ونذكر في هذه المحاولة الاولى للتوفيق بين النظامين الكيميائي والميكانيكي الفكرة انهما لم يكونا كافيين بمفرديهما لشرح كل شيء . فالقوانين البيولوجية تدخل في اطار اوسع من هذا بكثير ، ولكن للأسف كان الكثير من المحازين والانصار محدودي الفهم . فهناك عقائد اخري حصرية جداً رأت النور وشغلت كل القرن الثامن عشر . وعندما استنفذت كل هذه الانظمة ، قام نظام محصل يأخذ افضل ما في كل منها ليشكل تركيباً جديداً .

III - الاستطباب الطبي أو المداواة الطبية (الباتولوجيا الطبية)

التشريح الباتولوجي - رذر التشريح الباتولوجي او الاستطبابي نفسه كعلم مستقل . ولكنه اقتصر على العلم الميكروسكوبي ولم يأخذ اهميته الحقة الا في القرن اللاحق . انما نشير الى اعمال تيوفيل بوني Théophile Bonet الذي اجرى ، مع جان جاك مونجي J.J.Manget ، وريشار مورتون Richard Morton وف . سلفيوس F.Sylvius البحوث الاولى حول السل الجيبي وحول التجايف الرئوية في حين درس ريشار ويزمان Richard Wiseman البثور البيضاء .

واذا مرت تجارب ريدي ، المعارضة لنظرية الخلق الفجائي ، غير منظورة ، فضلاً عن اكتشاف جرثومة الجرب من المفيد ان نشير الى ان فكرة وجود الميكروبات وجدت على يد الأب كيرشير P.Kircher الذي تكلم عن مخلوقات حية غير منظورة ، في حين ان آ . هومن A.Hauptmann شبهها بالدود . واعتقد الاب بوريل P.Borel انه رأى في الميكروسكوب مثل هذه الحيوانات في الانقسام المريضة من الجسم الانساني .

الابقراطية الجديدة - صحيح ان الطب الغالياني اعطى ما يستطيعه : ولانه لا يحلل كل المشاكل فقد اتجه الناس نحو افاق جديدة . الا ان المبادئ الابقراطية احتفظت بقيمتها ، باعتبار ان الملاحظة الدقيقة للظواهرات العيادية هي في اساس الطب الصحيح ولكن رأينا ان انصار النظم الكيميائية والميكانيكية بادروا الى الارتفاع فوق الكيمياء والفيزياء من اجل بناء باتولوجية فيزيولوجية شبه خيالية . وكان من المستحسن ان يقوم اشخاص ذوو حس بالعودة الى الحقائق الاكثر موضوعية بعد رفض كل ما لا يمكن ان يكون الا من روى الفكر . وقد عرف القرن السابع عشر لحسن الحظ اطباء حرصوا على العودة بفهمهم الى التراث الابقراطي . ويجب عدم الخلط بين هؤلاء الابقرطيين الجدد والغليانيين من القرون الماضية الذين كانوا يمثلين يومئذ بعدد وافر ، والذين كانوا يرون في غاليان

والعرب مؤلفين يجب اتباعهم على بلاتبصر . فقد كانوا قابعين في ماضيهم ولذا لم يكونوا يساعدون بأي شيء في المسار الصاعد للطب ، في حين أن الأنصار الجدد للأبقرراطية كانوا يتولون مهمة بنائه . .

وكان ابرز ممثليهم توماس سيدن هام (1624 - 1689) Thomas.Sydenham . وقد قرأ قليلاً على ما يقال كتب أبقراط فكان أن أعاد اكتشاف قسم من مبادئه وتعاليمه . وكان لا ينتمي الى أية مدرسة وكرس كل حياته لمرضاه في لندن وضواحيها .

وعدا عن هذا العمل التجديدي، حرص القرن السابع عشر ، وهذا ما يجب ذكره، على حسن التعريف بالنصوص القديمة اليونانية ، فصدرت ترجمات ممتازة لأبقراط ولغاليلان يومئذ .

وقطع سيدن هام Sydenham علاقاته بالتراث فاكتفى بملاحظة ما معرض أمام بصره . وعاد الى مبدأ كان عزيزاً على أبقراط ، كان غيليوم بايو Guillaume Baillou قد عاد اليه بقوة في القرن السادس عشر ، فأوصى باقامة نظم طبية، اي اوصى بجمع كتاب واحد يضم الامراض الملحوظة خلال فترة معينة . وليس القصد هنا ، بالمعنى الصحيح ، دراسة امراض موسمية ، لان النظم الطبية المطلوبة تشمل عدة حقب اوسع ، وتشمل أحياناً عدة سنوات . وحده تمت الامراض المراقبة يحدد النظام او الدستور الطبي الذي قد يكون أيضاً موسمياً . وهكذا راقب سيدن هام Sydenham نظماً تغلب فيها الجدري وأمراض الحصبة والزنتارية والكريب . وعالج الحميات المتقطعة والحميات المعاودة والحميات الدائمة وأخيراً وباء الطاعون . ومن خلال أوصافه لعلامات المرض وعلاقاتها فيما بينها ، وضع سيدن هام مفهوماً جديداً عيادياً للأمراض . وكان من دعاة علم تصنيفي جديد للأمراض . وقد اعتبر سيدن هام ، مثل أبقراط المرض كلاً واحداً . ولذا عالج كل الجسم أكثر من مظاهره الخارجية مساعداً أوصاداً لردات الفعل الطبيعية ، بدلاً من الحلول محل الطبيعة الشفائية .

اما معالجته فكانت حكيمة ومنطقية . ونحن مدينون له بأشياء منها اشاعة استعمال الكينا والافيون .

ورغم انه لم يكن صاحب مدرسة ، فقد كان لسيدن هام هذا تلاميذ اتبعوا نهجه ، الى درجة ان وضع النظم الطبية اصبح من الامور الكلاسيكية في القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر . والى جانب سيدن هام يجب أن نذكر أيضاً شارل باربيراك Charles Barbeyrac الذي ربما التقاه في مونيبلية ، وهو المركز الاصيل للأبقرراطية الجديدة . ومن انكلترا ومن فرنسا امتد التجديد الى كل البلدان الانغلو ساكسونية والى ايطاليا .

مجموعات الملاحظات او اوصاف الامراض - الى جانب هؤلاء الطليعيين من اصحاب الأبقرراطية الجديدة ، قام اطباء اخرون ، ظلوا في صفوف الاطباء المارسين ، فنشروا ملاحظاتهم دون ان يحاولوا ان يستخرجوا منها افكاراً عامة . ورغم قصر مدى هذه الملاحظات ، فقد كانت ذات قيمة ثمينة بسبب عدم وجود النشرات الطبية ، وبسبب صورها ايضاً ، في معظمها عن اساتذة ذوي قيمة ، لا يمكن التشكيك بسلطتهم .

ولم تكن هذه الملاحظات مدونة كما في ايامنا : فقد كان الاستطباب سائداً فيها على حساب عرض الدلائل وتاريخ المرض ، الامر الذي لم يساعد دائماً على تحديد الامراض المدروسة . ولكن اقراراً بفضل هؤلاء الاطباء ، لم يكن بعضهم ، مثل لازار ريفير Lazare Rivière يتردد في استخدام اعتباره فينشر الى جانب ملاحظاته الخاصة الطبية ملاحظات الجراحين الذين كانوا محترمين برأيه . وازدهرت هذه النشرات ، في نفس الحقبة تقريباً في كل مكان في اوروبا . انما من صنع حياة بكاملها او هي مجرد ربط للاحداث غير العادية مثل وباء الطاعون . ووصف الممارسون الانكليز الكساح . واكتشف ويليس Willis مادة سكرية في بول المرضى بالسكري . والى جانب الرجال هؤلاء تجب الاشارة الى مجمعين : السويسري تيوفيل بوني Théophile Bonet والسويسري جان جاك مانجيه Jean-Jacques Manget اللذين آليا على نفسيهما أن يجمعاً أفضل كتابات سابقيهما ومعاصريهما في الطب والجراحة والتشريح والصيدلة الخ ، وان يقدماً خلاصة تتيح معرفة حالة الطب في أواخر القرن السابع عشر .

علم الامراض الوبائية - كانت الامراض الوبائية يومئذٍ مرهوبة الجانب ، وبخاصة الطاعون الذي كان يحتاج مدناً بأكملها ، وفي كل مكان من اوروبا . ولم تأت الكتابات العديدة التي ظهرت في هذا المجال بعناصر جديدة قد تمكن من مجابهة هذا الوباء المخيف بفعالية . ولكن الاهتمام بالامراض اخرى اقل خطورة ذات مسار وبائي او تكراري لم ينقطع . فبعض الوبئة كانت قد ميزت عن غيرها مثل حميات البرداء التي كانت معروفة من الاقدمين . ولكن كان هناك حميات اخرى بحاجة الى تحديد ذاتيتها مثل الامراض الطفحية التي كانت في كثير من الاحيان تلتبس مع الحصبة . ويعود الفضل الى سيدن هام بأنه ميز الحمى القرمزية . ولكن فصل الحميات الواسع بدا أكثر تعقيداً ولذا جرت محاولات لتصنيف اشكالها بالارتكاز الى عنصر مسيطر وجرى الكلام عن حميات دورية ومتردة ومستمرة ، وايضاً عن حميات سبائية ، وصفراوية وعصبية ودودية ومخاطية ورشوحاتية يضاف اليها وصف رديئة او خفيفة بحسب الحالات . وكان الكينا بحق عنصراً جديداً ولكنه غير كاف في التصنيف . وقد امكن بعد ذلك الكلام عن حميات تتأثر بالكينا وحميات تستعصي عليه . وفي ما يخص الخاصة الوبائية جرى التعرف على التأثيرات المناخية ، والجوية والجغرافية ، أولى طلائع البحث في الطب الباطني .

وكانت فكرة العدوى قد عرفت ايضاً ، رغم الخلاف الدائم حول اسلوب العدوى في مرض معين : من شخص الى شخص ، بواسطة الاشياء او الثياب ، او بالهواء وفي هذه الحقبة قوي تدبير الحجر الصحي ، وهو تدبير قاسٍ ولكنه ضروري . وكذلك جرت محاولات لحماية النفس عن طريق المطهرات العطرية التي لم يخل بعضها من الفعالية ، كما ثبت من دراسة حول الطاعون في مونيبيله من قبل فرانسوا رانشين . في تلك الحقبة كانت كل مدينة في فرنسا او في ايطالية او في المانيا لها مكتب صحي مهمته الاعلام واستباق ظهور اي مرض رهيب ثم اتخاذ كل التدابير اللازمة لحماية السكان . والى جانب ضباط الصحة ، وهم نوع من المفتشين الصحيين من غير الاطباء ، كان هناك جراح متخصص بالطاعون . وكانت معالجة هذا المرض يومئذٍ من اختصاص الجراحة اكثر من الطب . وكان جراح الطب مكلفاً بالتوجه الى المكان للثبوت من الحالات المشبوهة ، ثم بذل العناية للمرضى بالطاعون

في حالة الوباء . وعدا عن الطاعون يشار أيضاً الى بعض الأوبئة مثل الزحار والتيفوئيد والجذري . أما الجذام فقد تراجع تماماً وأقفلت مصحات الجذام الواحدة تلو الأخرى ، أما السل وكان يسمى يومئذ « افيزي » فقد أخذ يحتل مكاناً أكبر في الاستطباب .

وعدا عن الوبئة كانت الأمراض الملحوظة عادة . في ذلك الوقت ، وبحسب التسمية يومئذ : النقرس ، الاستسقاء الوسواس او السويداء والرشحات والتقرحات من كل أنواعها والجرب والامراض الزهرية التي لم تتفارق كما في القرن السابق . ولا شك ان ذلك يعود الى ان السفلس لم يعد جديداً ولان المعالجات بواسطة الزئبق كانت تعطي نوعاً من الفعالية .

الصحة والطبابة الجماعية - كان من اثر هذه المعلومات حول علم الوبئة ظهور مفاهيم للصحة . وقد تبدو في الكلمة بعض المبالغة . فقد قيل ان العصر الكبير كان عصر الأيدي الومضة . ورغم ذلك فقد ظهرت مستشفيات جديدة وخاصة في فرنسا . حيث افتتح لويس الرابع عشر المستشفيات العمومية المكلفة بان تضم السكان المحتاجين الى الاستشفاء والموزعين حتى ذلك الحين في بعض المؤسسات الصغرى الضعيفة الموارد . وفي حالة الوباء الخطير ، كما في الماضي ، كانوا يلجأون الى المستشفيات المتخصصة ، كما كان الحال بالنسبة الى المصابين بالطاعون ، وهذا كان يبرر تدفق المرضى . وكان يوجد أيضاً بعض المستشفيات العسكرية خاصة في المناطق التي تدور فيها الحروب بصورة دائمة . اذا اخذ الجيش يهتم بجراحه ومرضاه . وكان عند بعض الأمراء الالمان موظفون صحيون ملحقون بجيوشهم ، ولكنهم في الغالب كانوا يتعاقدون مع جراحين لمدة حملة واحدة . انها مدرسة قاسية هذه الطبابة العسكرية وهذه الجراحة العسكرية . ولكنها غنية بالمعلومات . ولهذا كان الشبان من الجراحين يسمعون إليها قبل ان يفتحوا عياداتهم . ونتج عنها أيضاً كتب جراحة عسكرية مفيدة ، وبحوث في الصحة الميدانية وفي صحة الجيوش المحاربة ، لا تخلو من فائدة .

الطب الاجنبي الخارجي - استخدمت الشركات البحرية الكبرى جهازاً طبياً للعناية بالناس فوق سفنها ، وفي ممتلكاتها البعيدة في الهند الشرقية والغربية . وكان الأطباء في اغلب الاحيان وكذلك المسافرون يكتشفون عند رجعتهم جملة من الامراض والادوية التي لم تكن معروفة حتى ذلك الحين ، وهذا ما ادخل فضلاً جديداً في تاريخ الطب هو الطب الاجنبي والخارجي .

وكانت البلدان المسرح لهذه الملاحظات في بادئ الامر عديدة . كان بعضها قريباً نسبياً ، مثل عالم البحر المتوسط الشرقي وبخاصة مصر وفارس وكان بعضها أكثر بعداً مثل افريقيا الجنوبية وشبه الجزيرة الهندية والأرخبيل الهندي والصين واليابان من جهة ، وأميركا الجنوبية والبرازيل والبيرو والغويان والانتيل من جهة أخرى ، دون الكلام عن المقاطعات القطبية السيبيرية . ولم تكن الدول التي ساهمت في نشر هذه المعارف الجديدة دائماً قوى بحرية . فالى جانب هولندا كان الطب الاجنبي ناشطاً بصورة خاصة في تلك الحقبة بفضل الفرنسيين والالمان .

واذا كانت معرفة الأمراض الجديدة يومئذ ذات أهمية نظرية فقط ، كما كان الحال بالنسبة الى مرض النوم ، فقد كان الامر يختلف بالنسبة الى الوسائل الشفائية المستعملة من قبل الشعوب البعيدة

مثل الصينيين والهنود، الذين اغتوا بصورة إيجابية المدخر الطبائي الغربي. ونحن لا نورد كدليل الا ادخال الكي والوخز بالإبر من عند الصينيين والكيينا وعرق الذهب، وهو جذر مُقيء من عند الهنود في اميركا الجنوبية دون الكلام عن اشاعة المستحضرات القديمة المعروفة ولكنها نادرة مثل الافيون. وعلى نفس الموازة كان الاهتمام بالازهار وبالحيوانات في هذه البلدان من قبل اطباء آخرين يهتمون بالطبيعة مفيداً للغاية ان بالنسبة الى المادة الطبية او بالنسبة الى التاريخ الطبي.

الطب الشرعي - يمكن اعتبار القرن السابع عشر ايضاً قرن الطب الشرعي، رغم وجود سابقين في هذا المجال اتوا في اواخر القرن الماضي مثل جون وير Jan Wier الذي ناهض معتقدات القرون الوسطى المترسخة التي كانت تقضي بتعذيب البؤساء لانهمهم بالشعوذة، مثبتاً انهم مرضى دأئماً وبحق.

ولكن الطب الشرعي منذ نشأته قام بمهمات متنوعة جداً، لانه اهتم ايضاً بالتسميم وبكل موت مشبوه. وكان الاجهاض والاغتصاب والتخصص في الجراحة والتحليل النفسي الطبي تدخل في مجالها، حتى ان العديد من المؤلفين ساهموا في قيام هذه العلوم الجديدة. ولهذا ايضاً استمر بعض الاطباء الشرعيون يؤمنون الى حد ما بالامراض السحرية والامراض الشريرة نظراً لهيمنة القرون الوسطى.

على هذا المظهر الخاص من الطب. ومع ذلك فقد بدأ عهد جديد اكثر موضوعية واكثر علمية بفضل اعمال ج. ب. كودرونشي G. - B. Codronchi وسيفيرين بينو Séverin Pineau. ومن بين المؤلفين الذين تقدموا بهذا العلم فيما بعد نذكر فورتوناتو فيديلي Fortunato Fedeli وجوهان بوهن Johann Bohn وج. زيلر J. Zeller وبصورة خاصة باول زاخيا Paolo Zacchia (1659-1584) الذي عرف انتاجه الكامل بمقدار ما يسمح به عصره انتشاراً دائماً. وفي المرتبة الأولى من البلدان التي ساهمت أكثر من غيرها في تقدم هذا العلم نذكر ايطاليا وألمانيا وتأتي بعدها فرنسا والبلدان المنخفضة.

IV - الجراحة

الجراحة العامة - كانت الجراحة كما في الماضي مفصولة عن الطب. واستمرت ايطاليا وحدها تحافظ غل تراث وسيطي خاص لم تتخلص منه ابداً. وهذا التراث يجعل الجراحة تقريباً على نفس مستوى الطب، ويجعلها ولو جزئياً على الاقل تمارس وتعلم من قبل الاطباء. ورغم هذا فقد تفهقر الفرع الجراحي في شبه الجزيرة الايطالية. وقام بلد كان ثانوياً حتى ذلك الحين يحاول ان يأخذ مكانة ايطاليا هو هولندا التي كان جراحوها المشهورون دكاترة في الطب. وبالنسبة الى البلدان الاخرى بقي هذا الفن الاعتباري دويماً، مسنداً الى رجال كانوا مهرة ولكنهم في اغلب الاحيان مشعوذون، وفي كثير من الاحيان جهلة. إذ خارج كلية سانت كوم في باريس لم تكن هناك مدارس جراحية متخصصة. وكانت الدروس في بعض الكليات الطبية نظرية اكثر مما هي عملية. اما كلية سانت كوم فقد كانت شهرتها قد

خبت بفعل الاختلافات المتعددة بينها وبين كلية باريس. وهذه خلافات كانت تذكيتها الصراعات الحفية القائمة بين الجراحين من ذوي الاثواب الطويلة والحلاقين، الى اليوم الذي اصبح فيه الاولون بمنزلة الاخرين. وعلى العموم كان الطلبة من الجراحين يتعلمون مهنتهم بوضع انفسهم منزلة التلامذة عند المعلمين المشهورين. في حين كان بعضهم يفتش عن مركز له في الجيش.

وحالة التدهور التي كانت عليها الجراحة لم تمنع بعض الجراحين من القيام باعمال تعيد الاعتبار الى هذا الفن المعتبر بغير حق فتاً وضيعاً. وعلى كل لا يمكن مقارنة اي احد بانيرواز باري Ambroise Paré الذي استمر سيد الجراحة، رغم ان يغي شوليك Guy de chauliac لم يكن من المنسبين تماماً. والمعالجات في معظمها التي رأت النور يومئذ، مهما بدت كاملة، لم تكن الا ظلاً لهذا العمل الموشح فقط، هنا وهناك، ببعض الكمالات التفصيلية التي قدمها المؤلفون الجدد بفعل ممارساتهم.

وعدا عن الجراحين، استمر الممارسون بالتجربة، وان قل عديدهم، يجرون العمليات. ولكن بعض نشاطاتهم مثل الفتق وتكثف العدسة في العين كانت من اختصاص الجراحين بحق. ولكن كان هناك اختصاص، هو استخراج حصاة المثانة لعب غندهم دوراً كبيراً، دون ان يختص بهم بصورة مطلقة؛ وكانت هناك عائلات متخصصة في هذا المجال مثل عائلة كولو Colo وكان اشهر الجراحين في الحصاة جاك بوليوي Jacques de Beaulieu الذي عرف النجاح والاختفاق بشكل متتال. وعلى كل فقد تخلى الحلاقون والجراحون عن السعودة وحاولوا شفاء مرض الحصوة الذي كان شائعاً جداً في ذلك الزمن. وحسنوا في ادواتهم (وكان أمامهم من الناحية التقنية الخيار بين الآلة الصغيرة التي صنعها Celse والآلة الكبيرة من صنع ماريانو سانتو Mariano Santo ثم القامة المرتفعة).

ومن بين الدول التي ساهمت اكثر من غيرها في تطور الجراحة العامة في تلك الحقبة كانت فرنسا وتليها البلدان المنخفضة والمانيا وإيطاليا. ولكن الشخصيات الأكثر بروزاً لم تكن من ضمن هذا التصنيف بالضرورة إذ هذا الشأن علينا ان نذكر بيار ديونيس Pierre Dionis الذي عرض منذ 1673 في بستان الملك في باريس « التشريح المفسر عن طريق الدورة الدموية ». ونذكر ج. ج. دوفرنى J. G. Duverney من فرنسا وويل هلم فابري Wilhelm Fabry (فابريسيوس هيلدانوس) Hildanus ونذكر م. ج. بورمان M.G. Purmann الألماني وم. أ. سيفرينو M.A. Severino وسيزار ماغاتى Cesare Magati من إيطاليا وريشار وايزمن Richard Wiseman من انكلترا وف. ديكر F. Dekkers ون. تولب N. Tulp بالنسبة الى البلدان المنخفضة.

والتفت العديد من الجراحين ناحية علم العظام وناحية الاستطباب. وعرفت الجراحة العظمية بعض التجديدات الموقفة مثل الشق المفتوح في الصدر (ستيرنو كليدو ماستودين) - Sterno cléido-mastoidien في الصعر [داء في الرقبة ميس]. وتناولت جراحة الأوعية بشكل خاص الامدم [تنفخ في الشرايين] كما تناولت تضמיד الأوعية الدموية. واصبحت جروح الامعاء والفتاق وتضميداتها، والاورام من كل نوع. من الامور الشائعة المعروفة، وكذلك الناسور (شارل فيليكس

تاسي Charles Félix de Tassy) . وكانوا يؤمذ يجرون عمليات في القصبة التنفسية وكذلك عمليات اكثر جراحة وبصورة خاصة في مجال الامراض النسائية . وعلى العموم كانوا يدرسون ويعالجون بذكاء جروح الرأس والصدر والبطن ، وكانوا يثقبون ويقطعون كثيراً انما بنوع من النجاح . وقد حصلت عمليات تدخل اليوم في مجال معالجة امراض الحنجرة والاذن والانف وامراض العين . ودعا سيزار ماغاتي Cesare Magati بنجاح الى استعمال « التضميد النادر » .

واذا كانت جراحة القرن السابع عشر قد قصرت عن ادراك بريق جراحة عصر النهضة ، الا انها ليست اقل قيمة اطلاقاً ، ذلك انها حاولت ان تمثل بفهم ، وان تحسن المعارف الحاصلة سابقاً . ممهدة الطريق امام الاختصاصات التي سوف تتفرد في القرن اللاحق .

علم القبالة او فن التوليد - وكان هذا تخصصاً فعلياً في مجال فن التوليد ، رغم ان هذا المجال كان وما يزال مرتبطاً بعلم الامراض النسائية وبعد ذلك الحين اصبح توليد المرأة على يد الرجل مقبولاً او لم يعد يعتبر كارثة في نظر المرأة . وتبارى الاطباء والجراحون في العمل من اجل هذا الفن . وكان علم التوليد منذ بداياته علماً فرنسياً برز فيه اسماء مثل اسم موريسو Mauriceau وبورتال Portal ، كما برز اسم قابلة مولدة مشهورة بحق هي لويز بورجوا Louise Bourgeois . ومن بين الدول الاخرى فرضت هولندا نفسها بواسطة هانري فان ديفنتر Henrik Van Deventer . وجاءت المانيا وسويسرا فيها بعد .

وكانت التجديدات مهمة الى حد ما . وكانت الاساليب التي يجب استعمالها في مختلف الحالات قد اخذت تدون ووضعت تقنيات جديدة مثل تقنية موريسو Mauriceau . ولم تعد عملية الولادة تجري بشكل متسرع ، وان كان الخلاص منها بسرعة هو المطلب . وبالمقابل ، تحلى الاطباء عن العملية القيصرية التي رأت النور في القرن الماضي ، قد تراجعت وتركت بسبب الفشل المتكرر ، على الاقل في فرنسا حيث كان موريسو لا ينصح بها ، في حين انها كانت تطبق في المانيا وفي البلدان المنخفضة كما كانت مقبولة بشكل عام . اما الالتصاق فقد مضى غير منظور في نظر المولدين . ولكن القرن السابع عشر هو قرن الملقط (ملقط الجنين) الذي يعزى اختراعه الى العائلة الانكليزية شامبرلين Chamberlain . وقد احدث هذا التجديد الكثير من الضجة بسبب النجاح الحاصل وايضاً ربما بسبب الغموض الذي احاط بالالة التي حرص اصحابها على اخفائها عن عيون المعاصرين . وقامت محاولة فاشلة في باريس فجعلت فرنسا تعرض عن هذه الآلة . ولكن الامر كان بخلاف ذلك في البلدان الاخرى وخاصة في هولندا حيث اشترى العديد من الاطباء من آل شامبرلين سرهم . وكان لا بد من انتظار بعض الوقت قبل ان يصبح الملقط اداة العموم .

٧ - علم الصيدلة وعلم المداواة أو فن الشفاء

في نهاية هذه الدراسات كلها عرفت الصيدلة انقلاباً بفضل ادخال ادوية جديدة ذات قيمة

فعلية. والدواء الذي احدث ضجة كبرى بدون منازع هو الكينا المستورد من البيرو حيث كان السكان يعرفونه منذ زمن طويل باسم شجرة الحمى. وعبر اسبانيا جاءت «بودرة الملكة» الى فرنسا بفضل اليسوعيين الذين اطلقوا عليها اسمها. ولكن سمعتهم السيئة في بعض الأوساط جعلت استعمالها يتوقف بسرعة. وقد نسيتم تماماً لفترة وعادت للظهور في باريس آتيةً من انكلترا حيث توفى روبرت تالبور Robert Talbor (طابور Tabor)، وبعد مشقة في فرضها يساعده في ذلك سيدنهام Sydenham. وفي فرنسا أتاح مرض الملك (بفضل العناية الإلهية) وشفائه بهذه البودرة المدهشة، للدواء أن يتغلب على المقاومة والمعارضة الأخيرتين.

اما المستحضر الآخر الذي ظهر يومئذ، فهو عرق الذهب [جذر مقيء]، ومن منشأ اميركي ايضاً، وقد اعتمد في فرنسا، بعد ان ابرأ جان اندريان هلفتيوس Jean - Andrien Helvétius، والد الفيلسوف الشهير ولي عهد فرنسا بواسطة هذا العرق. واخيراً كان هناك دواء ثالث اجنبي هو الافيون الذي كان معروفاً منذ القديم، وقد كسب رضى الجمهور، بتأثير جزئي من سيدنهام Sydenham.

ويجب ايضاً ذكر النجاح المدهش الذي ناله الشاي والقهوة والشوكولا وكلها كانت تعتبر من الادوية.

فضلاً عن ذلك ما يزال الشاي ومستخرجاته، وكذلك «المومياء» وهي حبيبة الى قلب باري Paré مستعملة. ولكن المستحضرات من اصل معدني قد تراجعت بصورة تدريجية امام المركبات الكيميائية مثل سلفات الصودا والمنغنيز والبوتاس والاسيدات (الحوامض) والقلويات وكلها حبيبة الى قلوب اهل الكيمياء. وكان الزئبق مطلوباً من اجل الترضيب [استدرار الرقي] . وفرض الانتيومان (الاثمد) نفسه يعد حرب طويلة. وظهرت ادوية معقدة بشكل بلسم. واخيراً جاءت ماء الكولونيا. ولكن المخزون الطبي سوف يستكمل بالمواد الغازية. فمرهم دي ريفيير de Rivière الذي ما يزال مستعملاً حتى ايامنا مثل على ذلك. نشير ايضاً الى دخول المغناطيس في معالجة الاوجاع.

تقنيتان جديدتان - الى هذا المجمع يجب ان نضيف تجديدين مهمين : الزرقات الطبية ونقل الدم. هاتان التقنيتان الجديدتان الطبيتان ظهرتنا بذات الوقت وقد سار حولهما جدل متنوع. واذا كانت الزرقة الطبية في الوريد قد بقيت كوسيلة استطبابية، فان نقل الدم، الذي حققه الانكليز والالمان والفرنسيون والايطاليون، قد منع بسرعة في فرنسا وفي ايطالية بعد الحوادث المميتة التي حدثت بعد النتائج الاولى الباهرة. ومن بين الدعاة لصالح الزرقة الطبية في الوريد نذكر الانكليزي كريستوفر رن Christopher Wren ومعاونيه ونذكر الالمان ج. د. ماجور J.D. Major وم. اتمولر M. Ettmuller. ومن بين المدافعين عن نقل الدم نذكر من بين آخرين الانكليزي ر. لور R. Lower، والايطاليين ج. كولي G. Colle وف. فولي F. Folli والفرنسي ج. ب. دينيس J. - B. Denis.

VI - الحياة الطبية

وهكذا، ويعكس ما يمكن ان يعتقد، كان القرن السابع عشر فترة خصبة في الكثير من النواحي، وبصورة رئيسية في مجالات مهمة او غير معروفة من رجال عصر النهضة. لقد كان فعلا عصر علماء. ولم يعد الطب حكراً على بعض الاساتذة وعلى بعض المدارس. وقد تمت الاكتشافات المهمة، بصورة عملية، بأن واحد في جهات اوربا الاربع. واصبح الطب بصورة تدريجية علماً كونياً. وتميز البروز العلمي الذي ظهر يومئذ، بظهور اكاديميات، وجمعيات علمية اخرى، خاصة في ايطاليا وانكلترا وفرنسا والمانيا. وقد حرصت هذه الجمعيات وبعض الافراد من الخاصة على تعميم نتائج اعمالهم خارج مدنهم. وكان هذا هو السبب في قيام الصحف والمجلات الطبية والعلمية التي نشرت بسرعة عبر العالم الفكر الطبي السائد يومئذ. نذكر أن مؤسسين الصحافة تيوفراست رينودوت Théophraste Renaudot كان طبيباً، وان أطباء آخرين كرسوا قسماً من نشاطاتهم لنشر أوراق، منها ما لم يستمر. منهم في فرنسا ج. ب. دينيس J. B. Denis ونيكولا بليني Nicolas de Blégný وخلفاؤهما

وبالمقابل عرف التعليم الطبي اتساعاً لم يعرفه من قبل. فالى جانب المدارس القديمة في باريس ومونبليه وبولونيا وبادو وبيزا وينا وكامبريدج واكسفورد ولوفان وتوينجن وهيدلبرغ وبال، ظهرت أخيراً دفعة مدهشة من المدارس الجديدة، وخاصة في ألمانيا وإيطاليا حيث حرص كل اميران تكون له جامعته الخاصة، أما لأسباب سياسية أو فقط وطنية أو لدوافع دينية.

وكانت اشهر هذه المؤسسات الجديدة هي جامعة ليد في البلدان المنخفضة والتي عرفت نجاحاً باهراً. ولم يحمل الطلاب من اجل المدارس الجديدة المدارس القديمة التي لم تضعف شهرتها والتي عرفت اقبالا مهماً من الزوار الاجانب. وقد كان عرفاً سائداً ان يبدأ الطالب تعليمه او ان يكمله برحلة كبيرة فارة في فرنسا وهولندا وسويسرا وإيطاليا وحتى انكلترا. وعلى كل، كان كل فرد يفضل ان يعود الى وطنه لكي يأخذ منه شهادات الدكتوراه.

من خلال تداخل الشعوب الذي عرفته القرون الوسطى يضاف أيضاً تداخل في الافكار زادت المطبعة والصحافة تفاقماً، محولة بصورة غير محسوسة، التعليم الفريد جداً الذي كانت تعلمه المدارس الوسيطة الى طب وحيد بدت حسناته ملموسة واكيدة ولكن سحره ربما كان اقل.

الفصل الرابع : علم النبات

اصبحت العادات اكثر فاكثر ضمناً : فعلم النبات تحرر من النشاطات التي تنسب بها دائماً، وحاول ان يمضي مستقيماً ، وعن معرفة الى الغاية : حدد ووصف وصنف ضمن مجموعات ، النباتات ليس وفقاً لفضائلها ، (الصحيحة أو المفترضة ، وبالنسبة الى الانسان) أو لأصلها بل نسبة الى خصائصها . وكان اشهر نباتي في النصف الاول من القرن ، جونج (Joachim Jung 1657 – 1587) من هامبورغ ، وكان ممثلاً صحيحاً لهذا العلم الفتى . والواقع انه قلما اهتم بالناحية العملية او باضافة معلومات جديدة بل اهتم اكثر بصياغة الاسس النظرية لعلم ما يزال حائراً . ورغم انه لم ينشر شيئاً في حياته⁽¹⁾ ، فقد كانت اقواله مسموعة بصورة باكرة . وبعد 1660 اخذت كتاباته تنتشر بصورة خفية ، واخذت تفعل فعلها الحاسم في افكار مؤسسي المنهجية : ر . موريسون R. Morison وجون ري John Ray اولاً ثم ليني Linné تالياً . وكان جونج Jung يلقب بسيزالينو Cesalpino الجديد ، ولكنه كان معاصراً للغاليلي وديكارت ، وكان يعتبر من حيث المبدأ معارضاً لارسطو .

وناهض الفكرة التولوجية القائلة بالتجسيمية اي تعزو الصفات البشرية الى غير العاقلين . ولم يؤمن بالخلق الفجائي . وفي علم النبات رفض احد اقدم المواقف الراسخة ظاهراً : موقف الايمان الشامل بصحة تقسيم النباتات الى اشجار والى اعشاب . كان جونج Jung علماً موهوباً ، وان كان قد جاء بقليل قبل عصر التحسينات البصرية او على الاقل قبل استخدامها استخداماً علمياً . وكان يفكر كرياضي وكان يلتزم بالدقة وبالعمق اللذين كانا غير معروفين حتى يومئذ في تحليل الاشكال . واليه يعود فضل ادخال الكثير من الكلمات المحددة المعنى في علم النبات ، والتي ظلت معتمدة مثل الكم او غلاف الزهرة ومثل العرق او الضلع ومثل السوقية او العنق ومثل ما بين العقدتين . وجونج Jung هو الذي حدد لأول مرة ، بعد ان استعمل مفهوم التناظر ، الجذع والورقة ، وخاصة الورقة المركبة (وايضاً مواقع الورقة على الغصن او الجذع) .

(1) أما كتاباه الشهيران فهما « بلاتيس هوكوسكوبيا فيزيكا مينوريس » وقد صدر سنة 1662 ، و « ايساغوج فيتوسكوبيا » وقد صدر سنة 1678 .

وقد خلفه خلفاء جديرون به امثال ر. موريسون R. Morison وج. ري، J. RAY، وتورن فورد الذين ملأوا بشهرتهم النصف الثاني من القرن السابع عشر. ولكن هؤلاء النباتيين لم ينصرفوا، بعد كل حساب، الى العلم، بل الى المنهجية. يجب ان نرى الاصلة الحققة لهذه الحقبة المدروسة. لقد ميز جونج Jung في السابق بين عدة مجالات داخل علم النبات. وكان لا بد من مرور سنوات قليلة حتى يقوم علماء مثل مالبيجي Malpighi وغرو Grew، ور. كاميراريوس R. Camerarius باكتشافات مهمة في حقول كانت غير مكتشفة بعد، وذلك بفضل التقدم التقني (الميكروسكوب)، والمنهجي (الطريقة الكمية والتجريبية) والفلسفي (قلب نظريات ارسطو، بصورة خاصة فيما يتعلق بالتغذية؛ الاعتراف بوحدة الكائنات الحية بحكم انها آلات). انه قرن عظيم، حقاً، رأى، مع فان هلمونت Van Helmont ومع جونج Jung وخاصة مع ماريوت Mariotte او مالبيجي Malpighi، نقل الاهتمام نحو الدراسة الوضعية لوظائف النباتات.

وكما اشار بصواب انيس اربر Anger Arber، لقد طبع شخص اسمه غرو Grew، وبشبات ما سوف تكون عليه المبادئ الجديدة للفكر النباتي: ان الجمال الخفي الذي اكتشفه الميكروسكوب، الا يدل على ان النباتات لم تخلق ابدأ لصالح الانسان او لانس. ليست هي كما هي مستقلة عنه، سواء كان له أم لم يكن له العقل والوقت الكافي والقدرة على فهم كيفيتها؟.

ان دوامة بنية النباتات اصبحت حجة جديدة تدعم مفهوماً موضوعياً للطبيعة. وعندها ما هو دور السمات والبنيات؟ كتب جون شيلر J. Schiller يقول: «ان العلاقة الوثيقة بين البنية والوظيفة هي المفهوم الذي يسيطر على الفيزيولوجيا في النصف الثاني من القرن السابع عشر».

وعلى نفس النسق بدأ مفهوم قيمة تصنيف النباتات يفرض نفسه. وسوف يتيح نمو علم الاشكال (المورفولوجيا)، والتقدم الحاصل في مجال معرفة عملية التوالد، ازدهاراً سريعاً لعلم التصنيف. واصبحت الزهرة فجأة سافرة سواء في تكرينها ام في وظيفتها: وبامكان ليني Linné ان يأتي.

الفيزيولوجيا النباتية - هناك اسلوبان للعمل في مجال علم النبات: هكذا قال كلود بيرو Perrault عضو الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس، في كانون الثاني 1667، احد هذين الشكليين يعود الى التاريخ (علم التصنيف) والاخر يعود الى فيزياء النباتات (فيزيولوجيا) ورسم في اطار هذا العلم الاخير برنامج دراسة ميكروسكوبية وتجارية من اجل زيادة المعرفة (بما يساعد على ولادة وتغذية النباتات وما فيها من مظاهر اخرى ملحوظة). هذه هي المواضيع الكبرى المحددة: التوالد او الخلق، النمو، الغذاء. وكانت هذه المواضيع لم تناقش منذ القدم. والان تم السعي الى اخضاعها لتجربة الميكروسكوب والتحليل التجريبي. والشئ الذي لفت النظر في هذه الحقبة، حقبة بدايات الفيزيولوجيا النباتية، هو الرغبة في معرفة حققة لداخل النباتات ولخصائصها. وبدأ التشريح. واخذوا يستعملون كل وسائل كيمياء كانت ما تزال طفولية، وخاصة الحرق او الترميد من اجل فهم اكبر للتركيب الداخلي للنباتات. وكتاب «مذكرات تستخدم لتاريخ النباتات» المحررة من قبل د. دودار D. Dodart، بمساعدة اكاديميين اخرين فرنسيين (كلود برو Claude Perrault وماريوت

Mariotte، وبيوردلين Bourdelin، وف. دولاير Ph. de la Hire، ومارشان Marchant الخ، سنة 1676 او 1675)، هؤلاء جميعاً اثبتوا ماهية علم النبات، في انجازاته واسالييه ومشاكله ومشاريعه. وكمستند، اول رجا، حول التحليل النباتي الكيميائي، وبصورة خاصة دور هذا التحليل في خدمة التقدم في علم التصنيف، سجلت هذه النشرة مرحلة :

يقول دودار Dodart : « نبالغ كثيراً ان رفضنا الافتراضات التي يمكن استخلاصها من السمات الخاصة جداً، ونفسح المجال قليلاً الى اقامة بعض الاشكال الجديدة وبعض الانواع الجديدة... » .

ولكننا لا نحس هنا وبصورة واضحة بالارادة الفيزيولوجية التي نجدها في احدي « محاولات » ماريوت Mariotte بعد عدة سنوات . الواقع، وقد اشرنا الى ذلك كثيراً كانت الاعمال الاولى للفيزيولوجيا النباتية التجريبية قد قامت بفضل ج. ب. فان هلمونت J. - B. Van Helmont، ووصفت من قبله في كتابه « اورتوس مديسينا Ortus Medicinae » بعد 1648. وقد عرف فان هلمونت Van Helmont، مستوحياً بحق، نصاً لنقول دي كزي Nicolas de Cues (كتب حوالي 1450)، كيف يبين تجربته وفقاً لاسلوب كمي كله حداثة، وفيه تدخل الرقابة على المتغيرات .

ويمكن القول، ان نحن نجردنا من العصور القديمة (غاليلان) ان فان هلمونت Van Helmont قلباً سبق في هذا الطريق الا من قبل الطبيب سانتوريو، من بادو، الذي كان يطبق الاسلوب الكمي منذ بداية القرن السابع عشر . وقد استنتج فان هلمونت، ضد ارسطو الذي كان يؤمن بوجود اطعمة جاهزة في التربة، ان النباتات تستمد غذاءها من الماء (وهو أحد العناصر الأربعة عند امبيدوكل Empedocle بعد الهواء والأرض والنار، التي تشكل المادة) .

ومضت عشرون سنة قبل ان يعاد الى الموضوع . وفي سنة 1668، وبعد ست سنوات من نشر نظرية ديكارت حول الانسان الآلة، شرع فيزيائي كبير هو الكاهن ادمي ماريوت Edme Mariotte (1620؟-1684)، في تطوير افكاره حول المسائل الكبرى في الفيزيولوجيا النباتية. وكان ماريوت Mariotte ديكارتي مؤمن بالاسس الميكانيكية في الحياة. وسوف يقدم في سنة 1679 افضل كتاب عن الفيزيولوجيا النباتية في القرن السابع عشر. وظل هذا الكتاب اساسياً حتى صدور كتاب : « ستاتيكال اكسبريمنت Statical Experiments » لستيفن هال (1727) Stephen Hales : وقد دمج هذا الكتاب في كتاب محاولات حول الفيزياء (وفيه ثلاث) او مذكرات لخدمة العلم بالاشياء الطبيعية . وكان عنوان الكتاب دالاً عليه : محاولة « زرع النباتات » تعالج بكفاءة غير مسبوقة مسائل صعود النسج والغذاء المعدني والنمو. ودرس ماريوت وهو مقتنع بالطبيعة الفيزيائية في الحياة، درس هذه الحياة مثل خصائص الهواء والحرارة. وهو كفيزيائي رفض ارسطو ودعا الى تصور للخلق المفاجيء . لا توجد نفس يونانية، ولا يوجد ايضاً سبق تكوين للنبتة في البذار كما يعتقد مالبيجي Malpighi . ونجد عند ماريوت Mariotte العناصر الاولى لنظرية ذرية جوف الحلق وحول النمو وهي امور عاد اليها مويرتوي Maupertuis وبيوفون Buffon ثم دارون Darwin .

وفيا خص التغذية المعدنية وضعت مبادئها بصورة واضحة وبعبارات واضحة. فالنار كعنصر، مستبعدة. كتب ماريوت يقول : « اعتقد ان النار مؤلفه من نفس العناصر التي تكون المواد الملتهبة ». ولا يأخذ ماريوت الا بالارض والماء والهواء. ان التربة تستمد من التربة « المبادئ الكبيرة والمنظورة »، وهذا ما نسميه بالعناصر المباشرة : وهي تتكون من نماذج العناصر الابطس ، الناتجة عن اتحاد العناصر النهائية التي لا يستطيع اي « تحايل ان يراها ». ونعثر بالفعل بالنباتات ، على المبادئ المكتشفة في الارض . وسنداً لماريوت تتكون هذه المبادئ انطلاقاً من ذرات الهواء المعرضة لتأثير البروق . وبعد ذوبانها في الماء تنتقل الى الارض حيث تمتصها الزغابات الماصة في الجذور ويحملها النسغ . وقد جرت تجارب منها التطعيم مثلاً فدلّت على ان النباتات بذاتها هي التي تستخدم بحسب انواعها العناصر الكيميائية الالوية وهي التي تصنع المادة الملائمة لها : ان الغذاء لا يكون مصنوعاً بصورة مسبقة ، وكذلك النطفة . ان كل نوع نباتي هو آلة خاصة تستخلص وتركب مادتها الخاصة .

ولكن كيف تشتغل هذه الآلة ؟ لم يكن ماريوت Mariotte بهذا الشأن فوهوياً مثل مالبيجي Malpighi الذي اعطى للورقة دورها كعضو اسامي في التغذية . وقد لاحظ ضغط النسغ وعرف وجود نوعين من النسغ ولكنه قلما فهم الظواهر كما فعل بيرو Cl. Perrault (1688 - 1613) الذي اشتهر في سنة (1668) عندما تخيل نظرية دورة حقة شبيهة بدورة دم الحيوانات. ويجب ان يسجل لصالح ماريوت انه لاحظ اهمية عامل النور، وانه رسم علم بيئة نباتية، وذلك عندما لاحظ بذلك عدداً من الاحداث المتعلقة بتكيف الانواع، ويدور الندى، الخ .

وكانت نظرة مالبيجي هي الاصح ، بعد ان جرّ الى فكرته حول الورقة بالملاحظة العقلانية للنطفة ، وكانت نظريته يومئذ صائبة حول ما سمي فيها بعد دورة النسغ . وكان يرى وجود حركة في الجذر تنزع نحو الاعلى من الشجرة، وحركة اخرى تنطلق من الاوراق نحو الاعضاء الاخرى . ولكنه للأسف غفل عن دور الاوعية حين شبهها بالقصب الهوائية عند النباتات .

وقد وجدت في القرن السابع عشر ملاحظات كثيرة مهمة جداً تتعلق بالفيزيولوجيا كان لا بد من جمعها يوماً ما . وبين الايطالي ج. اروماتاري G.Aromatari في كتابه « جينراسيوني بلانتاروم De Generatione Plantarum » (1625) ان النطفة لم تكن الابنة مصفرة، وشبه المواد الاحتياطية مثل الزيت والاليرون (مادة في بزر النباتات) شبهها بالزلال في الحيوانات .

ودرس العديد من العلماء حركة النباتات . ولاحظ بورلي Borelli وآ. كاميراريوس A. Camerarius تنبج السداة (عضو الذكورة في النبتة لدى نبات القطاني) في حين ان هوك Hooke تعلق بدراسة أناتوميا وفيزيولوجيا أوراق الميموزا ايديكا .

اعطى ج. ري J. Ray في كتابه « تاريخ النبات » مكانة مهمة لحركات الاوراق، والازهار، واللسدات (اعضاء الذكورة في الزهرة) ؛ ودرس منهجياً ردات الفعل تجاه الحفز، حفز اوراق البقول، وحاول ان يفسر هذه الظواهر بالوجود المحتمل الاشكالي لتوتر ميكانيكي في الانسجة، يتغير مع

الحرارة. وحقق جان كورنوت J. Cournut من جهته ، إبحاثاً مفيدة حول تفتح الزهر بحسب درجة الحرارة، ودرس الحركات الدورية لاوراق الرويبينة، ظاهرة كان ليّني Linné سماها نوم النباتات.

وفي سنة 1660 نشر روبرت شاروك Robert Sharrock تجاربه حول انحناء الجذع باتجاه الضوء . وفي سنة 1700 عاد دورار الى هذه التجارب، وعممها وتفحص بشكل اخص مفعول الجاذبية الارضية على نمو الجذور والاغصان موضحاً بالتالي فكرة الانجذاب نحو الارض .

بنية النباتات - اتاح اختراع الميكروسكوب المركب وتحسين الميكروسكوب البسيط اجراء الاعمال الاولى حول التركيب الداخلي للنباتات ، والاكتشافات الاولى المتعلقة بالاجسام غير المنظورة بصورة طبيعية

وتكون التشريح النباتي بعد الجهود المتناوبة تقريباً التي قام بها علماء من ذات الصنف من العظمة : كان هناك عالمان ميكروغرافيان، الفيزيائي الإنكليزي روبر هوك Robert Hooke (1635 - 1703) ثم العصامي الهولندي انطوني فان ليونوهوك Antony Van Leeuwenhoek (1632 - 1723)، وطيبان مارسيل مالبيجي Marcello Malpighi (1628 - 1694)، ثم نيميا غرو Nehemiah Grew (1641-1712). عند هوك الذي نشر كتاب الميكروغرافيا 1665 كما عند ليونوهوك Leewenhoek الذي عرف بأعماله بشكل رسائل أرسلها الى الجمعية الملكية ، وبعد 1673 اكتمل العلم المعني بشكل مدهش ، إنما مزوج بعلوم أخرى . ودون أن يعرف نفسه كعلم . ويعود الى هوك الفضل في نشر الملاحظات الأولى (قبل مالبيجي بعدة سنوات) حول النسيج الخلوي ، وبالمنااسبة الفلين المتكون من خلايا صغيرة تقتصر على قشرتها ؛ وانه قدم الدراسات الأولى عن أشياء متنوعة : بذور ، بوغات [جسم صغير في الفطر وظيفته احداث التناسل اللاشقي في الفطور الدنيا ، الطحلب البحري ، والاخشاب المهترئة الخ .

وصوره للطحالب الكبيرة جدا ، ملفنة بشكل خاص . أما ليونوهوك Leeuwenhoek من جهته ، وهو اعظم ملاحظ عرف، فله الفضل في اكتشاف البروتوزوير والبكتيريا (كليفور دويل) Clifford Dobell ، فقد نشر اولى قِطع الخشب، ووصف الاوعية المنقطعة والشبكة التي اشار اليها هنشو Henshaw ، كما وصف ترتيب الضمم النجية الخشبية عند الحبوب ذات الفلفة الواحدة (مونو- كوتيلدون Monocotylédones) وعند ذات القطعتين [كالفاصوليا] او الفلقتين . وفي كتابه نجد اولى المراجع الدالة على وجود البلورات عند النباتات (الملاحظة في جذر ايريس فلورتينا Iris Florentina) ، ووجود الاميدون (النشاء) في بعض الطحين .

ورغم الاهمية الرئيسية في هذه الاعمال ، فانه لو كان علينا ان نحدد تاريخاً لبدء التشريح النباتي ، فاننا نختار سنة 1672 ، السنة التي تلاقت فيها البحوث المتقارنة التي قام بها كل من مالبيجي Malpighi وغرو Grew منذ 1663 و1664 ، امام الجمعية الملكية . وكان هذا اللقاء حدثاً عظيماً ، لقاء هذا الكتاب الصغير غير المعروف : تشريح النبات The anatomy of vegetables begun

ومخطوط مالبيجي Malpighi، آناطوم بلانتاروم ايديا Anatomes plantarumidea المنشور سنة 1675 في القسم الاول من اناطوم بلانتورم . . . Anatomie plantarum . . . هذه المؤلفات - بفعل وحدة مسارها الاجمالي، ورغبة في ابراز قيمتها، مضافة الى توافق غريب في الحركات زمانياً ومكانياً - تدل تماماً عن وعي جديد للغاية. فمئذ 1654، اشار فرنسيس غليسون Francis Glisson، في كلمة حفظها غرو Grew، الى الاهمية المحتملة لتجاوز التشريح الحيواني من اجل الوصول الى تشريح عام ومقارن. ان هذه الرغبة بالذات في علم يتناول بنية كل الكائنات الحية نجدها عند غرو Grew وعند مالبيجي Malpighi، اللذين انطلقا من التشريح الحيواني. ان هذا العلم لا يمكن ان يكون من فعل الميكروغراف مهما كانوا عظيمين وملهمين حسب طريقتهم. في سنة 1682، ظهر العمل الكبير، عمل غرو: « اناطوميا النباتات » The anatomy of plants؛ لقد نشر القسم الثاني من اناطوميا بلانتاروم Anatomie plantarum لمالبيجي Malpighi سنة 1679. وفجأة بعد 1672 و 1682 تلقت الاناتوميا [التشريح] النباتية اسمها بصورة رسمية: وهي ما تزال قائمة حتى اليوم.

ان تقديرات مالبيجي متعددة: اكتشاف الاوعية الحلزونية (1663)، الاجهزة المصاصة، الانسجة الخلابة، ونقطات القصبيات او المجاري الشعرية في خشب الاشجار الصنوبرية، الخ. ومنها الاعمال الاولى المهمة حول الجرب بانواعه؛ الاوصاف التي تتناول انسجة اللحاءات والاششاب. وبصورة خاصة الدراسات الاساسية حول النمو، وبصورة خاصة بنية البذور واستنباتها، وما نتج عنها من فصل وتقسيم النباتات ذات الزهر الى فئتين: وحيدة الحبة او الفلقة ومزدوجة الفلقة.

وقدم مالبيجي ايضاً تقديرات من نوع آخر. واذا كانت تدرج في سلبات العلم، فان التفكير المعرفي يتمسك بها ويستم بها: انها بالذات النواقص (مثل الفكرة بسبق التكوين داخل البيضة) او مجرد القصور ما نجده في منقلب كل اكتشاف عظيم.

لماذا شبهت الاوعية المدورة، التي لحظ وجودها في جزء من خشب الكستناء بالقصبات الهوائية في الحشرات، ونظر اليها وكأنها « انابيب » هواء مخصصة للتنفس؟ ولماذا لم يفتش، في الانسجة الحيوانية، عن القُرَيَّات (أو خلايا هوك Hooke) التي تشكل الانسجة النباتية والموصوفة بأنها ملتصمة فيها بمادة يمكن تذويبها بالغليان؟.

الجواب يبدو بسيطاً، في الحالة الاولى، المقارنة تتناول وظيفة معروفة وغير مفهومة بمجملها: من هنا، وبأن واحد، الاهتمام بها والخطأ في الحكم بشأنها. وعلى العموم، ان المشابهات الوظيفية (بجمال التنفس والدورة الدموية، والتناسل) هي التي ادت الى البحث عن المقارنات البنيوية. لهذه الأسباب لم يحاول الدارس للانسجة مالبيجي (وهو مكتشف الشعيريات) ان يبحث عن « القُرَيَّات » عند الحيوانات (حيث ملاحظتها تبدو أصعب).

وكان لا بد من انتظار قرن ونصف وتطور الافكار تطوراً كافياً حول التوالد والنمو الى ان تجمعت الظروف الضرورية من اجل صياغة النظرية الخلوية.

ولم يكن تأليف غرو Grew في التشريح النباتي اقل اهمية من تأليف مالبيجي Malpighi. واذا كان غرو Grew قد بدا اقل اهمية من هذا الاخير فيما يتعلق بتصوير الطبيعة الخلوية للانسجة، فان ذلك لا ينفي عنه أن يكون صاحب عدد كبير من الملاحظات الجديدة المتعلقة بعلم الأشكال، والتي تتناول ترتيب وشكل وبنية كل اجزاء النبتة : الجذر، الجذع، الورقة، الزهرة (فقد كان اول من صور حبوب اللقاح او الطلع) والثمرة والحبة (فقد ميز بوضوح بين حبات السويداء « البومين الثمرة »)، ثم البراعم. كما انه افتتح بشكل خاص نهج تقديم قطع الخشب، بحسب الواجه الثلاثية : العرضي والنصف قطري والمماسي او الإعتراضي (المنحرف) وادرك مبدأ عمل المنطقة القلبية، وعرف كيف يكتشف موقعها بين الخشب واللحاء . ومن ميزاته ايضاً العظيمة، انه اكتشف اعضاء الذكورة في النبات وميزها .

كاميراريوس Camerarius والشقية النباتية - يعود الفضل في اول تبين للشقية النباتية (الجنس) الى الالماني رودولف ج. كاميراريوس (1721 - 1665) Rudolph J. Camerarius. قبله، ومنذ العصور القديمة كانت الفكرة معروفة . وفي بعض الاحيان جرت تجارب . ورغم ذلك بقيت الامور حتى غرو Grew (وحتى توماس ميلنغتون Th. Millington) سنة 1682، مقصورة على الوقائع المعزولة المفردة وبدون نتائج بعيدة المدى . وانطلاقاً من هذا التاريخ تغير شيء ما . فبعد - (1686- 1688) تبنى جون ري John Ray الاراء التي اعلن عنها مواطنه العظيم . وبعد ذلك بقليل، وبالاتفاق مع غرو Grew، اخذ القيم العام للبستان النباتي في اوكسفورد، جاكوب بوبارت Jacob Bobart، يجري تجارب على نباتات ذات « جنس » منفصل، (ليشنيس ديواكا Lychnis dioica). وفي سنة 1691 نشر اليسوعي الايطالي ف. بيوناني F. Buonanni لوحات تمثل حبوباً لقاحية ملتصقة بالشقوق في نبتة اسمها غيموف Guimauve ونبتة اسمها فاليريان Valériane .

وها نحن في سنة 1694 : وضع كاميراريوس Camerarius في رسالة شهيرة (ابيستولا دي سكسولانتاروم Epistola de sexu plantarum) ان الزهرة تحمل اعضاء تناسلية ، وان هذه الاعضاء يمكن ان تنفصل فوق نباتات مختلفة (شجرة توت، شجرة حلوب) او يمكن ان تجتمع في نفس النبتة (خروع، ذرة)، وان تعاون « الاجناس » ضروري لانتاج الحبوب الخصبة .

ووضعت اعمال كاميراريوس، اضافة الى اعمال الفيزيولوجيين والمشرحين، اسس نظرية عامة، هي هنا نظرية الشقية الجنسية كوظيفة مشتركة بين الحيوان والنبات . ومرة اخرى ايضاً كانت الانطلاقة من فرضية تقول بالمائلة الوظيفية . وفي هذا المجال من التوالد، حيث كانت العوائق اقل تقنية مما هي مفاهيمية، تم الذهاب الى ابعد مما تسنى في المجالات الاخرى : لقد اكتشفت الوظيفة وعرفت الاعضاء (الخارجية على الاقل) .

نقول ايضاً انه مع بوبارت Bobart، وخاصة مع كاميراريوس Camerarius، كانت الطريقة التجريبية قد دخلت في بيولوجيا التوالد، وبفضل مساعدة الميكروسكوب في هذا المجال، فتحت هذه

الطريقة السبيل الذي سوف يكون المميز بخلال القرن الثامن عشر .

التصنيف - ان علم النبات (بوتانيك) بشكل منهجي وشامل، كما هو مائل من مجمل اعمال المصنفين الكبار، في النصف الثاني من القرن 17 وهم : ر. موريسون R. Morison، وج. ري J. RAY، وتورنפור Tournefort، وريفينوس Rivinus، وماغنون Magnol، قد تأثر الى حد بعيد باعمال جونج Jung، الذي تكلمنا عنه سابقاً، وبكولونا. وفيه نجد مبادئ اساسية معلنة او مطبقة متأية من اعمال جونج Jung بخط مستقيم : من جهة، العودة الى الزهرة والشجرة، والبذرة، وليس الى الورقة من اجل معرفة تقارب النباتات فيما بينها (انواع ومجموعات عليا) ؛ ومن جهة اخرى، العودة الى الترك - حل اعتمدته الالمانى ريفينوس Rivinus (= آ. باشمان - A Bachmann 1723 - 1652) - فيما خص تقسيم النباتات القديم الى اشجار واعشاب .

وبشكل خاص، موريسون Morison - الذي لا يعترف باي دين، ويزعم انه استمد طريقته من ملاحظة الطبيعة وحدها - ثم تورنفور Tournefort، يدينان بالشيء الكثير الى الايطالي فابيو كولونا Fabio Colonna (1650 - 1567) .

كتب كولونا Colonna يقول في « إكفرايس Ekphrasis »، « وان تقارب النباتات يتم، سداً للزهرة وكأس (كرسي) البذرة بل والبذرة بالذات » . نصيحة معلم، من منشأ غسنري، تدل بوضوح على ولادة مبدأ التبعية في الصفات . ويعزى الى كولونا ايضاً انه امسك بالفرق الموجود بين الاوراق الحقة، والاوراق - الزهرية التي اقترح تسميتها بكلمة بيتال Petale (= تويجية - بتلة) ، وهي كلمة استعادها ري Ray سنة 1682 وادخلها نهائياً في اللاتينية النباتية [أصل الكلمة يونانية بيتال] . (راجع و. ت ستيرن W.T.Stearn ، بوتانيكل لاتين 1966 Botanical Latin) .

ولم يكن لجونج Jung وكولونا Colonna تأثيراً لا بعد موتها . ومع الاسكتلندي موريسون Ecosais Morison ومع ري Ray ندخل بصورة مباشرة مع علم النبات الحديث . كان روبر موريسون Robert Morison (1620 - 1683) الاول الذي حاول تطبيق طريقة سيزالينو Cesalpino وتصنيف النباتات بحسب الشكل وبنية الثمرة . وبعد 1672، وفي دراسة ملحوظة حول الصيوانيات، صاغ مفهومه ونفذ على هذه الاسرة المختارة بشكل خاص . ولكن مبادئ نظامه لم توسع الا في مقالة بعد وفاته، نشرت مغفلة من الاسم (وربما تعود الى بوبار Bobart) ، سنة 1720، من الناحية العملية، لا يدل تصنيف موريسون Morison، كما ظهر في (بلانتارم هيستوريا - Plantarum historia universa 1680 lis) على تقدم ملحوظ، الا انه كان مفيداً جداً، ومنه انطلق ري Ray . كان جون ري (1627 - 1705) John Ray قد نشر سنة 1660 جدولاً بالنباتات التي جمعت من جوار كمبريدج . وبعدها قام بعدة رحلات، عبر بريطانيا (1660 - 1663) ثم (1663 - 1666) مع العالم في الحيوانات ويلوفني Willoughby، عبر اوروا، كان ري Ray عالماً طبيعياً كاملاً، بأن واحد حيوانياً وحيولوجياً ونباتياً وحتى فيزيولوجياً .

ودلت الاعمال حول دورة النسغ في الاشجار (1669) على مدى اتساع اهتماماته . لقد كان عالماً يهتم بالمعلومات ويترصّد البحوث الجارية . وعلى العموم عزي اليه الاسبقية سنة (1674) في اكتشاف بنيتين للحبة : الحبة ذات الورتين وغيرها . والواقع انه عرف مخطوطة مالميجي التي وصلت الى لندن سنة 1672 . وميزة راي Ray انه لم يكتف - فقط بملاحظة السمات التي اشار اليها مالميجي وانه زاد في انتشارها ، وانه اخيراً أدرك اهميتها التصنيفية : في سنة 1682 اطلق الكلمات التي ظلت تعتبر كلاسكية وهما وحيدة الفلقة ومزدوجة الفلقة ، كما انه في سنة 1703 ادخل هذه الكلمات في كتابه (ميتودوس بلنتاروم Methodus Plantarum) . . وجعلها ضمن تصنيفه للنباتات العشبية . لقد كان في هذا خطوه عظيمة الى الامام . فقد كان من الضروري مرور اكثر من 20 سنة حتى يصبح الاكتشاف مطبقاً بصورة منهجية .

وقد نشر الاسقف ج . ولكن J. Wilkins ، في كتابه « الصفات الحقة » سنة 1668 ، جداول شاملة جامعة للنباتات التي وضعها راي Ray . ولكن ري Ray في كتابه « بلنتاروم ميتودوس نوفا Historia Plantarum methodus nova » لسنة 1682 وخاصة في كتابه « تاريخ النباتات العام Plantarum generalis » 1686 – 1704 ، حيث وصف 18699 نبتة ، وسع اطار مفهومه . كان راي Ray تلميذاً لسيزالپينو Cesalpino ولجونج Jung ومثى ضمن خط موريسون Morison : ان المعايير المأخوذة من الزهرة ومن الثمرة ومن البزرة اعطت بين يديه نتائج ممتازة . وبواسطة ري Ray اكثر من تورنفور Tournefort نزعَت المنهجية نحو مستوى العلم العالي الحق المضمون المستقبل . وقد تغذي من غرو Grew ومالميجي Malpighi ، وهو بذاته فيزيولوجي ، فكان اول ممنهج فهم حق الفهم معنى الزهرة وبنيتها ، وهو ايضاً الذي اوحى بتعريف للنوع مرتكز على التوالد . وكان مرجعه الاخير الواقعة أنه عدا عن بعض التغيرات (التي تعزى الى الفرد أو الى البيئة) ، يكرر النوع نفسه بنفسه .

ومع اعتقاده ، مثل كل علماء الطبيعة في عصره ، بثبوتية الانواع ، لاحظ ري Ray بان البذور يمكن ان تتراجع وتصف وتولد بنبتات مختلفة عن الابوين : وسمى هذا بالتحول النوعي . هذه المقولات المتنوعة والمهمة جعلت من جون ري John Ray واحداً من أعظم علماء الطبيعة في كل العصور .

وكان بيار ماغنول Pierre Magnol (1715 – 1638) ، قد استلهم تصنيفاً طبعياً للنباتات عند مستوى مرتفع ، وبين في سنة 1689 ان النباتات يمكن ان تجمع ، سنداً للتشابه بينها ، ضمن اسر طبيعية تشبه الاسر البشرية او الحيوانية ولكن النظام الذي اقترحه المرتكز فقط على الكأس ، كان في الواقع اصطناعياً جداً .

وكان لري Ray زميل فرنسي هو جوزيف بيتون Joseph Pitton الشهير بتورنفور Tournefort (1708 – 1656) . وكان معروفاً بعلم النبات منذ طفولته ، فأخذ يهتم بالاعشاب في جوار مونبيلييه وفي جبال الالب جامعا العناصر الاولى لمعشبه الشهيرة ، التي هي احدى ثروات ميزيوم باريس . والنبات

الجديدة التي جلبها أثناء رحلته الجديدة في جبال البيرينه الوسطى وفي كتالوني Catalogne اعطته شهرة براقه .

وفي سنة 1683 استقال فاغون Fagon لصالح تورنفور Tournefort ، كأستاذ في بستان الملك وكانت دروس تورنفور وتعليماته قد جلبت له جمهوراً ضخماً . واستمر في رحلاته النباتية ، فذهب إلى اسبانيا والبرتغال وانكلترا وهولندا . وفي سنة 1694 أخرج كتابه الأول عناصر البوتانيك في ثلاثة مجلدات مزينة بـ 451 لوحة رسمها له الرسام اوبريه . هذا الكتاب الذي ترجمه إلى اللاتينية سنة 1700 تحت عنوان « انستيتوسيون ري هرباريا Institutiones rei herbariae » كان مؤلفاً رئيسياً في تاريخ علم النبات . إذ فهم تورنفور Tournefort كل الجدوى التي يمكن أخذها من شكل ومن ترتيب الوريقات التوجيهية والازدهار . وكان أول من ميز العديمة التوجيه والوحيدة التوجيه والمتعددة التوجيهات . ثم مرتكزاً على القاعدة بأن الأزهار منتظمة وغير منتظمة ومركبة ، صنفها إلى 22 أسرة . وكان لأسلوب تورنفور نجاح ضخم . فقد كان ما أراد له مؤلفه أن يكون : بسيطاً واضحاً وعملياً . وكانت منهجيته أقل طموحاً من منهجية ري Ray . فقد أرادها أن تكون قوية قبل كل شيء ، والشيء الذي يجب حفظه ، وهو أنه أي تورنفور كان يعكس ما كتب عنه فونتيل Fontenelle ، حيث جهد بإيجاز تصنيف طبيعي . وكان كمنهج، مقتنعاً بإمكانية المعرفة الموضوعية : « فالأشكال توجد مستقلة عن المصنف وهي تتميز بصفاتها المشتركة لدى كل من أنواعها ، صفة نستخدمها كدليل لكي نرتبها ضمن مكانها الطبيعي » . وإذا لم يكن تورنفور هو حقاً خالق مفهوم الشكل فقد كان له فضل تبين أهميته وتعميم استعماله وتوضيح صفاته . فضلاً عن ذلك أن أشكاله قد حفظت كلها تقريباً من قبل ليني Linné وكذلك غالبية أسره : الفصيلة الشفوية ، وعديدة التوجيهات والصيوانيات والزنبقيات وكلها طبيعية تماماً .

ونضيف أخيراً أنه ميز بعناية بين الأنواع والموعات . وهذه المفاهيم استعيدت واستكملت بعد رحلته الشهيرة إلى الشرق (1700 - 1702) في كتابه « كورولاريوم ارباريا » (1703) وهو ملحق لكتاب انستيتوسيون ، اضاف فيه 1356 نبتة جديدة . وبعد موت تورنفور سنة 1717 نشرت « رحلته » إلى الشرق ، وهو كتاب ترجم إلى عدة لغات . وكتب عنه الاب غيرال P.Guiral فقال : « كل شيء مرتبط بفضل تورنفور : سهولة الأسلوب وفضول العالم وامانه الاستقصاء وخفة الروح » .

واشتهر في القرن السابع عشر علماء نبات اخرون مثل الانكليزي ل. بلوكت L.Pluknet (1642 - 1702) والطبيب الألماني ب. هرمن P.Hermann 1640 - 1695 وكريستوف نوت 1638 - 1694 Christoph Knaut ، ولكنهم ظلوا بعيدين وراء الرجال الكبار الذين تكلمنا عنهم .

النباتات - بعد المنهجية أصبحت النباتات شغل العديد من الاعمال وبصورة خاصة في فرنسا . في سنة 1635 أصدر الطبيب الباريسي كتاباً كان الأول عن ازهار ضواحي باريس . وصف فيه 462 نبتة مع مواقعها . ودرس غاريديل Garidel نباتات بروفانس Provence . وقام الاب باريليه P.Barre- (1606 - 1673) lier باستكشاف البروفنسا ولونغ دوك واسبانيا وإيطاليا . وخطوطة التاريخ العام

للنبات الذي اعده احترق ولكن لوحاته انقذت ونشرت من قبل آ. جوسيو (1714) A. de Jussieu وفيها مئة نوع جديد.

ولكن سبستيان فايان (1669 - 1722) Sebastien Vaillant. سكرتير فاغون Fagon ثم استاذ في الجنية الملكية في باريس هو الذي عرف، في كتابه نباتات باريس حيث عدد وفقاً للترتيب الأبجدي النباتات الموجودة حول باريس، وكان الكتاب مزيناً بـ 300 صورة رسمها اوبريه وفايان هذا هو الذي عرف بنباتات هذه المنطقة بما فيها كريبتوغام. واشتغل بهذا الكتاب 36 سنة، وامن طباعته بورهاف Boerhaave في سنة 1723. وحفظت معشبه في الموزيوم.

ونشر تورنفور سنة 1698 تاريخاً للنباتات التي تولد في ضواحي باريس، وهو كتاب ما يزال ثميناً من جهة تعيين الاماكن التي زالت منذ زمن بعيد. وحقق برنار جوسيو Bernard de Jussieu هذا الكتاب واعاد نشره سنة 1725.

وقدم ماغنول Magnol سنة 1676 كتاباً عن نباتات منطقة مونبلييه وفي سنة 1689 نشر كتابه الرئيسي «برودروموس Prodrromus هستوريا جنراليس بلساروم» حيث صنفت النباتات في 76 جدولاً وميزت بصفتين او ثلاث صفات : محاولة اولى للتحديد السهل للنباتات. اما المعشبة المأخوذة من جملة بلدان اوروية، والتي وضعها ج. برسر J. Burser فقد اعطيت ل. ج. بوهيم J. Bauhim. وجدوله نشر جزئياً سنة 1724. اما نباتات المانيا فدرست من قبل ل. جنجرمن L. Jungermann، وم. هوفمان M. Hoffman وابنه (نباتات الدورف وجين) وج. لوزل J. Losel وج. غوتشد J. Gottsched. (نباتات بروسيا) وفولكامر Volkamer (نباتات نورمبرغ) ؛ ونباتات هولندا من قبل ج. كوملين J. Commelin.

وزيادة على اعمال جون ري J. Ray، سواء فيما يتعلق بالجغرافيا النباتية في اوروبا كما فيما يتعلق بنباتات بريطانيا، يتوجب ذكر «فيتولوجيا بريتانكا» ل. و. هوو W. How الذي ذكر 2220 نبتة و«سكوتيا اليسترانا» ل. ر. سيبالد R. Sibbald ووصف اولوف رودبك Olof Rudbeck الصغير (1660 - 1740)، وهو أحد أساتذة ليني Linné، وصف نباتات لاپونيا Laponie في حين ان نباتات سبيتزبرغ Spitzberg وغروندل Groenland درسها فرنسو مارتن Fr. Martin ونباتات الدانمارك درسها س. بولي S. Paulli الذي استعمل، كلمة فلورا للدلالة على كتاب. اما نباتات ايطاليا فكانت موضوع لعدة دراسات: نباتات صقلية درست على التوالي من قبل الاب كاستيلي P. Castelli ومن قبل بونسي غليولي Bonsiglioli ومن قبل الاب بوكوني (1633 - 1704) P. Boccone. ووسع هذا الاخير جدولته فشمّل كورسيكا ومالطة والييمونت وفرنسا والمانيا. فضلاً عن ذلك نشر في سنة 1692 جدولاً بالنباتات ونشر ج. غريسي في سنة 1661 اول دراسة عن نباتات البرتغال.

اما النباتات الدنيا فاخذت تُبحث. نذكر منها في فرنسا، اعمال عائلة مارشان Marchant. وكان نيقولا مارشان Nicolas Marchant طبيب غاستون دورليون Gaston d'Orléans، فقدم ابنه الى

الامير مجموعة من النباتات الكبدية سماها المارشتيا. وكان يقول Nicolas هذا واحداً من المؤلفين الرئيسيين لكتاب اوصاف النباتات الذي نشرته الاكاديمية سنة 1676. ونشر ابنه جان Jean وكان مديراً لمصالح الزراعة في البساتين الملكية، مذكرات عديدة حول العشبيات «موسى». ونشير اخيراً الى الايطالي ف. كافاليني F.Cavallini الذي درس نباتات مالطة، واصدر ايضاً كتاباً عن عشبيات كورسيكا.

نباتات بلاد ما وراء البحار - تقدمت دراسة نباتات البلدان البعيدة تقدماً كبيراً. بخلاف القرن 17. وقد ساهم علماء النباتات الفرنسيون، وبصورة خاصة، رجال الدين والبحارة، بقسم وافر فيها، يدعمهم فاغون Fagon الطبيب الاول لدى لويس 14، الذي كان صديقهم الوفي، وأضعاً تحت تصرفهم ماله من حظوة كبيرة في البلاط. وهو، بصورة خاصة، الذي سمح لبلوميه، ثم لفييه بالذهاب الى اميركا، ولتورنفور في زيارة الشرق.

وقد سبق لـ ج. كورنوت J.Cornut 1635، ان وصف 79 نبتة من كندا، سنداً لعينات لوحظت في جنائن الأخوة روبين Robin، ومن بينها «الروبينا». ونشر فاسباسيان روبين Vespasien Robin (1579 - 1662)، بعد ان زار شواطئ البرابرة، ووصف عدة اصناف، تاريخياً للنباتات (1620) الجديدة التي عثر عليها في جزيرة فيرجينيا، التي زارها ايضاً ج. بانيستر J.Banister الذي وضع عنها «كتاب نباتات» نشر فيها بعد من بتيفر Petiver. وقدم الصيدلي الانكليزي ت. جونسون T.Johnson، سنة 1634، لائحة بالنباتات في هذه المنطقة التي اخذ منها جون ترادسكان John Tradescant العديد من الغرسات التي عرفها وأشهرها (1656). وكان الاستقصاء الواسع - الذي قام به بين سنة 1571 و1577 فرانسيسكو هرنانديز (1514؟ - 1578) Francisco Hernandez لجمع النباتات الصيدلانية التقليدية في المكسيك، - موضوع العديد من التشرّات، التي كانت للاسف غير كافية على الاطلاق (ف. زيمينز F.Ximenez، مكسيكو 1615؛ ن. آ. ريشي N.A.Recchi، روما 1628، ف. سيسي F. Cesi، روما 1651). ولكن الأب الصغير ش. بلوميه C. Plumier (1646-1706)، بصورة خاصة هو الذي أخذ يعرف بالنباتات الاميركية. فبعد أن عشب في فرنسا مع تورنفور Tournefort وغاريدل Garidel، ذهب الى جزر الانتيل، سنة 1689، مع الطبيب سوريان Surian، المكلف بشكل خاص، بتحليل النباتات المعثور عليها، من أجل استخدامها طبياً عند اللزوم. وأنجز الرجلان المهمة بعد 18 شهراً. ونشر سوريان جدولاً بالنباتات والأدوية الحاصلة. وسرعان ما قام الأب بلوميه P. Plumier برحلة جديدة الى أميركا، وهو يحمل لقب «نباتي» الملك. وبعد عودته، نشر، في سنة 1693، كتابه «وصف نباتات أميركا»، وفيه وصفت الاصناف، التي كانت حتى ذلك الحين تحمل أسماء لاتينية، مع تعيين أماكنها أو مواقعها وخصائصها. وكانت رسوماتها أمينة، وأطرها نسخت عن النبتة بالذات.

وبخلاف رحلة جديدة، زار بلوميه Plumier غواديلوب والمارتينيك وسان دومينغ، مما اتاح له سنة 1703 ان يصف 106 اصناف جديدة قدمها الى اشهر النباتيين في عصره. ونشر بلوميه Plumier

ايضاً ، سنة 1705 ، كتاباً موسعاً ومهماً عن بقول اميركا «فوجير داميريك» .

وارسل الاب الدومينيكي ج. ب. دو ترتر (1610 - 1687) J.B. du Tertre ، وبناء لطلب ريشليو Richelieu ، الى جزر الانتيل حيث مكث من 1640 لغاية 1656 . ويعتبر كتابه « التاريخ العام للانتيل » مهماً من ناحية علم النبات التطبيقي . وفي مذكراتها عن مكوئها في البرازيل ، من سنة 1612 الى 1614 وصف كلود دابفيل Claude d'Abbeville واي فافرو Yves d'Evreux حوالي اربعين شجرة . ومن هذا البلد بالذات استورد ج. ماركغراف G.Marcgrav و. و. بيزو W.Piso استعمال عرق الذهب [جذر مقيء] (ايكاكوانها Ipécaçuana) كما استورد بذات الوقت عناصر كتابها : « التاريخ الطبيعي للبرازيل (1648) » .

ونشر الصيدلي الهولندي او. كلوت O.Cluyt الذي زار شواطئ افريقيا الشمالية « فن توظيف وارسال الاشجار والنباتات والاشجار والبذور ، الى اماكئ بعيدة » ، في حين قطف الاب هرمان P.Hermann نباتات عديدة من منطقة رأس الرجاء الصالح ، وج. كوننغهام J.Cunningham من جزيرة الاسانسيون . واستخرج فلاكور Flacourt ، اثناء مكوثه في مدغشقر ، كمدير عام لشركة الشرق ، في سنة 1658 ، عناصر تاريخ ، اغناء بالعديد من رسوم النباتات وبوصف بعض الاصناف الجديدة . ومن بينها الشجرة العجيبة المقترسة نيبنتيس Népenthes . وفي حين كان ج. ترادسكانت G.Tradescant يستكشف سنة 1620 ، جزر البحر المتوسط ، كان ج. فسلنغ J.Vesling ينشر ، سنة 1638 ، دراسة حول النباتات في مصر ، وكان الفرنسي سبون J.Spon والانكليزي ج. وهلر G.Wheeler يزوران اليونان وقسماً من آسيا الصغرى فوصفا مئة من النباتات (1677) . وأسس شيرار Sherard ، بعد ان اصبح قنصلاً في ازмир ، احد المعشبات الاله في ذلك الزمن . وفي سنة 1700 ذهب تورنفور Tournefort ، الى الشرق مع الرسام اوبريه والنباتي الالماني غند لسهيم Gundelsheimer وزار على التوالي كاندي Candie وجزر الارخبيل اليوناني ، والقسطنطينية ، وشواطئ البحر الاسود وارمينيا حيث صعد جبل ارارات ، وجورجيا واسيا الصغرى .

وعرف هـ. فان ريد دراكنستين H.Van Rhee de tot Draakenstein الذي زار المؤسسات الهولندية في دوموند Deux Monde ، قبل ان يصبح حاكماً على مالابار بنباتات الهند في كتابه الضخم هورتوم انديكوس مالاباريكوس (12 مجلداً و794 نبتة ، 1673-1703 . وفسر ج. كوملين J.Commelin (1629-1692) القسم الثاني من هذا الكتاب ، ودرس نباتات الهند المغروسة يومئذ ، في حين نشر الهولندي ج. بوندت J. de Bondt ، في سنة 1642 ، دراسة عن النباتات الطيبة في الهند . وفي سنة 1712 نشر الالماني ي. كامبفر E.Kaempfer الذي زار ايران وسيلان وخليج البنغال وسومطرة وبناتاف وسيام واليابان ، كتاباً يتضمن وصفاً للعديد من النباتات التي قطفها . اما دراسته الخاصة عن نباتات اليابان فلم تنشر الا سنة 1791 من قبل ج. بانكس J.Banks . وكذلك المعشبة المهمة (كتاب) المجموعة في الهند الشرقية من 1670 الى 1677 لم تنشر من قبل الطبيب الالماني الأب هرمان P.Hermann ، الا في سنة 1747 من قبل لينني Linné . اما نباتات الشرق الاقصى فقد درسها هرمان

غريم Herman Grim (سيلان وجاوه)، من قبل اليسوعي البولوني م. بوم M.Boym (الصين)، ومن قبل الطبيب الالماني ا. كليز A.Cleyer (الصين واليابان)، ومن قبل س. منتزل C. Mentzel (اليابان)، ومن قبل ج. نيوهوف J.Nieuhof الذي ارسل حصيلة عمله الى ري Ray والى بلوكنت Plukenet والى بتيفر الذين تولوا الوصف. ودرس الاب كامل (Kamel) P. camelli، الطبيب النمساوي الذي تذكر الكاميليا باسمه، درس نباتات مانبلا المتسلقة وارسل النباتات التي جمعها في الفلبين الى بتيفر Petiver والى ري Ray الذي نشر لائحة بها. ونشر ايضاً الى الدراسة المتنازة لنباتات سوند. Sonde، دراسة اعددها الالماني ج. رانف G.Rumpf (1707 - 1626). ونشرها في سبعة مجلدات بورمن Burman بين 1741 و1750. وهذه المجموعة تتفوق من الناحية الوصفية على كتاب زيد Rheede ولكن لوحاتها اقل نوعية. واخيراً نشير الى الدراسة العامة حول النباتات الاجنبية التي قام بها مانزل C.Mentzel وج. برين J.Breyn 1678. وهذه الدراسة الاخيرة تعتبر تحفة طباعية تصويرية.

ويمكن اعتبار الانكليزي و. دانير W.Dampier (1715 - 1652) النمروذج لهؤلاء البحارة لنباتين في القرن السابع عشر الذين كان لعملهم اهمية كبرى. كان دانير Dampier تيبياً، فارسله احد اوليائه في البحر فزار كقرصان اولاً شواطئ امريكا وجزر الباسيفيك وهولندا الجديدة والهند الشرقية والتي اكتشفت حديثاً في سنة 1642 من قبل تيسمان Tasman الذي عرف بنباتاتها في سنة 1701 واقام ثلاث سنين في جاميكا مع قطاع الاخشاب وعاد اليها مع القراصنة سنة 1679. ومن هناك ذهب الى فرجينيا سنة 1682 لكي يتركها سنة 1683. وذهب الى الصين سنة 1687 وذهب الى نونكين. وعاد الى انكلترا سنة 1691 ثم رجع الى هولندا الجديدة. وغرقت به السفينة في عودته قرب جزيرة الاسانسيون فانقلذته باخرة انكليزية. هذه الحياة المضطربة جداً جعلت قراءة كتابه دورة حول العالم (1697) مشوقة للغاية وتدل تماماً على الملحة عند هؤلاء النباتيين المغامرين الذين عرفوا الثروات الطبيعية في بلدان ما وراء البحر.

الزراعة والبستنة - هناك اسمان لعلماء النبات الفرنسيين يسيطران على الزراعة في القرن السابع عشر: اسم اوليفيه دي سير Olivier de Serres وجان لاكتيني J. de la Quintinie. وقد أمضى دي سير (1539-1619) كل حياته في لونغدوك، في امارته برادل حيث اقام حقول تجارب، ولم تذع شهرته كشيخ للزراعة الا بعد وفاته. وكان صديقاً عظيماً للملك هنري الرابع فنشر باسمه سنة 1599 كتاباً عن فن قطف الخبز. اما كتابه مسرح الزراعة الذي صدر سنة 1600 فقد نشرت له عدة طبعات وظل لمدة قرن واكثر الكتاب المرجع لكل الزراع المتنورين. وقد اثبت المؤلف فيه ضرورة ان يغرف المرء اراضيه جيداً، وأشار الى اساليب الفلاحة والتزيبيل والبذر، واساليب تشذيب الاشجار المثمرة وتطعيمها. واعطى نصائح عن كيفية انشاء بستان شمر وكيفية غرس الاشجار وكذلك عن مهمة رب العائلة تجاه خدمه وجيرانه وعن كيفية السلوك الشريف في عزلة الريف.

ووضع ج. لاكتيني (1626-1688) J. de la Quintinie وقد جذبه زراعة البستنة بعد زيارة

الى ايطاليا، من قبل لويس الرابع عشر على رأس الزراعات في قصر فرساي . وقد اعيد طبع كتابه مدخل الى البساتين المثمرة، الذي نشر سنة 1690 عدة مرات ، غالباً مع صور جميلة جداً ساعدت على شهرته . وفيه يثبت المؤلف كيف يقام بستان مثمر ويزين ، شهراً فشهراً العمليات الواجب اتباعها . وبصورة خاصة عرف بأسلوبه في كيفية تقليم الاشجار المثمرة تقليماً يزيد بالانتاجية زيادة عقلانية . وفيه نجد ايضاً رسماً للعديد من المعدات البستانية المعروفة في ذلك العصر ، وكذلك كتاباً عن بساتين الليمون . وقد ساعد عمل لاكيتيني Quintinie على دفع البستنة الى الامام دفعة كبرى في القرن السابع عشر .

ونشر العديد من كتب البستنة يومئذ وخاصة من قبل جاك بواسو Jacques Boyceau وب . لورامبرغ P. Lauenberg والكاهن ليجوندر L'abbé le Gendre الذي قدم معلومات عديدة حول التطعيم . نذكر ان لينوتر، البستاني الشهير عند لويس الرابع عشر في فرساي ، قد زرع في تلك الحقبة العديد من البساتين على الطريقة الفرنسية ، المتميزة بخراطها الجيومترية وبسعة مناظرها . ونذكر ايضاً ، في بولونيا كتاب داندوغرافي مؤلفه ج . جونستون J. Jonston 1662 . وفي هولندا كتب علم النبات والبستنة التي وضعها آ . مونتن A. Munting . وج . كوملين J. Commelin .

تطبيق علم النبات على الطب - قليلة هي الاعمال الاصلية حول استعمال النباتات في الطب والتي ظهرت في القرن السابع عشر : ان الكيمياء النباتية كانت في بداياتها . نشير فقط الى كتب ن . ليميري N Lemery والاب بومت P. Pomet وويدد Weded وس . دال S. Dale . التي افسحت مجالاً واسعاً للأدوية النباتية . نذكر اخيراً انه في هذه الحقبة ، صدرت كتب عديدة حول رسوم النباتات ، رغم الانتقادات من قبل آ . فان درسيغل A. Van der Spiegle (1606) .

البساتين الزراعية - ساعد تطور البساتين الزراعية كثيراً في تقدم علم النبات . فقد اقام الاخوة رويين Robin بستاناً في باريس في رأس جزيرة نوتردام . وكانت سيدات بلاط هنري الرابع تأخذ من هذا البستان نماذج ازهار من اجل التطريز . وتسهيلاً لاعمالهن نشر فاليت Vallet مطرز الملك في سنة (1601) ، كتاباً اسمه « بستان الملك المسيحي المؤمن هنري الرابع » وكان الكتاب مزين بـ 75 لوحة . وادار ج . رويين J. Robin ايضاً البستان الذي اقامته كلية الطب في باريس ، ونشر جدولاً به سنة (1601) . واسس غي دولابروس Guy de la Brosse ، طبيب الملك لويس الثالث عشر ، في سنة 1635 « البستان الملكي للنباتات الطبية » والذي اصبح فيما بعد البستان الحالي للنباتات ، والذي سوف يصبح شهيراً في العالم كله . ووصف فضائل النباتات التي كانت مغروسة فيه ونشر مجموعة عنها . واقام س . فايان S. Vaillant اول خيمة فيه منع مدافئ لكي تزرع فيها نباتات البلدان الحارة . ويعزى جدول النباتات في بستان الملك الى شيرار Sherard . واقام غاستون دورليان Gaston d'Orleans ، قرب بلوا بستاناً عظيماً اغناه بنبتات عديدة نادرة او حتى غير معروفة من قبل موريسون Morison الذي اعاد سنة 1669 طباعة كتاب هورتوس بليزنسيس الذي نشر سنة 1653 من قبل آ . برونيه

A. Brunyer. ونذكر ايضاً جدول بستان الصيدلي الاب ريكور P. Ricort 1644، من ليل، و جدول بستان ستراسبورغ من قبل مابوس (1691) Mappus .

وفي ايطاليا البلد المختار لبساتين علم النبات وضع ج. شنك G. Sehenek جدول بستان بادو Padoue. ووضع الاخوة امبروزيني Ambrosini وزانوني Zanonى وج. ب تريونفيتي G.B. Trionfetti جدول بولونيا. ووضع ت. بلوسي T. Belluci جدول بيزا وب. كاستيلي P. Castelli وف. كابوني F. Cuponi جدول مينا. وقام عدة فنانين ومنهم غويدوريني Guido Reni بتزيين فلورم كلتورا الذي وضعه ج. ب. فراري (1633) Ferrari بالصورة الفخمة. ونشير ايضاً إلى كتاب هورتوس بوتانوغرافيا 1660 الذي وضعه و. مونتالباني O. Montalbani مؤلف كتاب تاريخ البوتانيك الصغير 1654. ونشير ان ت. شنك Th. Schenck وضع جدولاً بالبستان النباتي لمدينة پنا 1659. وب. آمان P. Ammann جدول ليزينج. وآ. فان در سبيغل A. Van der Spiegel جدول ليد Leyde وج. كوملين J. Commelin جدول امستردام. وسوترلاند جدول ادنبره الذي اسمه آ. بلفور A. Balfour سنة 1680. ونشر الطبيب الهولندي هـ. مونتن H. Munting سنة 1646 كتابه عن الازهار، ونشر م. بولي S. Paulli سنة 1653 جدولاً شاملاً عن عدة بساتين : كوبنهاغ اكسفورد، وباريس وبادو.

الفصل الخامس : ولادة الجيولوجيا

ان ولادة الجيولوجيا الحقة تقع في القرن السابع عشر . فالطبيعة الحقة للمتحجرات كانت قد فهمت من قبل ، سواء من قبل هيرودوتس Hérodote ، أو ليونار دا فنشي Léonard de Vinci او برنارد باليسي Bernard Palissy . ولكن ملاحظاتهم وان كانت صالحة ، الا انها لم تكن تختص بالجيولوجيا .

وكانت كلمة جيولوجيا تغطي في القرون الوسطى دراسة كل ما هو « ارضي » . « دنيوي » في مقابل ما هو « سماوي » « إلهي » ، فتشمل بالتالي دراسة الحقوق كما تشمل دراسة المعادن . ويبدو ان الكلمة استعملت لأول مرة بمعناها الحديث سنة 1657 . ضمن عنوان كتاب دأغمركي لم . ب اسكولت M.P.Escholt « جيولوجيا نوفرجيكا » ترجم الى الانكليزية سنة 1663 من قبل دانيال كولنز Daniel Collins ويعالج الهزات الارضية والمعادن . وبعد ذلك بقليل ، سنة 1690 ، نشر ايراسموس وورن Erasmus Warren كتاب : « جيولوجيا اورسالة في الارض قبل الطوفان » .

وعلم الارض لم تكن الا في بداياتها ، ولم يكن هناك علماء جيولوجيون . وقامت بعض الشخصيات بتوجيه البحوث في العصر التالي ، مقترحة افكاراً جديدة ومتحررة من ارسطو . انهم فلاسفة ، اطباء ، وفيزيائيون ومسافرون اولئك الذين خلقوا علوم الارض ، وهذا امر لم يكن يغلو من مخاطر ، في الوقت الذي كانت الكنيسة قد اجبرت غاليليه على التبرؤ من « هرطقة » ان « الارض تدور حول الشمس » وحول نفسها .

في فرنسا بالتأكيد لم يكن ديكارت جيولوجياً ، ولكنه نقل الرياضيات الى علم الفلك ، ونجحاً واعتبر كل الظواهر السماوية كتطبيق لقوانين الميكانيك ، وافترض وحدة المادة في كل الاجسام السماوية .

وفي انكلترا اوجد روبر هوك Robert Hooke، وهو يستعمل الميكروسكوب لدراسة المنخرات وتشريح الاخشاب المتحجرة، التشريح المقارن للنباتات المتحجرة والحية. وبدا كانه سابق طليعي للنظرية التحويلية، وكان لاكتشاف الدورة الدموية من قبل وليم هارفي William Harvey تأثير بارز على افكار المتمرسين الجدد بالجيولوجيا، الذين توصلوا الى تصور « الارض » كجسم حي له دورته المائية. في حين أن الدافركي ستينون Sténon اخترع المفاهيم الاولى للاستراتيجرافيا، وطور اليسوعي الالماني كيرشر النظرية الاولى البلوتينية Plutoniste. وبني لينيز Leibniz اخيراً، وهو يستعمل أفكار معاصره، تاريخاً جيولوجياً للكون، وعرف النوع وأمن الاتصال مع القرن 18

فضلاً عن ذلك قام ستينون Sténon بمعالجة علم المعادن وفعل فعله وهريجن Huygens وبويس دي بوودت Boëce de Boodt، في حين اخذت تشكل مجموعات كبرى من الاحجار ومن المتحجرات التي سبقت تشكيل المتاحف الوطنية للتاريخ الطبيعي.

التركيب الديكارتي - اعتبر اكتشاف البقع الشمسية حوالي 1610 كاحدى المقدمات الابرز في علم الفلك الجديد. وفي سنة 1630، وفي « المصنع الجديد »، اكمل ب. كريستوف شاينر P. Christoph Scheiner الملاحظات الاولى بعد رسم خارطات للشمس، وبقعها وحركاتها مبيناً أن الشمس بالذات تخضع لتغيرات وانما تدور على نفسها. هذا الاكتشاف، الذي هو ضد ثبوتية أرسطو، شكل نقطة انطلاق علم الاستروفيزيك (فيزياء الكواكب) وفتح الطريق امام نظريات جديدة حول تاريخ الكرة الارضية.

واذا كان الحكم على غاليلي قد حمل ديكارت على رفض نشر كتابه « رسالة العالم » إلا ان الفيلسوف الكبير لم يتخل عن افكاره الثورية حول تطور الكون، افكار عرضها في « خطاب المنهج » وفي « المتيور » سنة 1637، كما في المبادئ الفلسفية (امستردام 1644، ترجمة فرنسية، باريس 1647).

وفي تأليف تركيبي، من الأجرأ، نقل ديكارت الرياضيات الى الكوسموغرافيا (علم خرائط الكون) وتجراً واعتبر ان كل الظواهر السماوية هي تطبيقات لقوانين الميكانيك.

كتب يقول في «خطاب المنهج»: «ايين. كيف ان القسم الاكبر من هذه الفوضى يجب، سبباً لهذه القوانين، ان يترتب وان يصطف بشكل ما، من شأنه ان يجعله شبيهاً بسماواتنا. وكيف ان بعضاً من اقسامها يجب ان يكون الارض وبعضاً من المذنبات، وبعضاً آخر يكون شمساً وكواكب ثابتة ».

وقال في « المبادئ الفلسفية »: « ليس من الصعب الاستنتاج من كل هذا ان الارض والسماوات مصنوعة من ذات المادة ».

ويبدو ديكارت بالتالي وكأنه عبر عن اول وحدة في التشكيل المادي للكون، لكون خاضع لقوانين

الميكانيك . وهو بالتالي يعتبر الارض والكواكب الاخرى كنجوم بردت سطوحها واصبحت مغلفة بطبقة جامدة يابسة .

« هذه الارض التي نحن عليها كانت في الماضي نجمة . . . بحيث انها لا تختلف بشيء عن الشمس ، الا انها اصغر » (مبادئ الفلسفة) .

ان فكرة السيولة الاساسية ، التي اعتمدها نيوتن ، خدمته بعد اربعين سنة ، سنة 1687 لحساب «تسطح القلطح الكروي» الارضي سندا لسرعة دورانه .

وتابع ديكارت افكاره فنظر ، من الناحية الميكانيكية في تاريخ الكرة الأرضية ، وترتيب مختلف اقسامها ، باعتبار ان مركز الارض هو دائما في حالة ذوبان وفي اتجاه نحو البرودة البطيئة . وسندا لهذا فهو يربط التمزق البادي في « القبة الارضية » بالبرودة ويتقلص الكتلة التي تحملها .

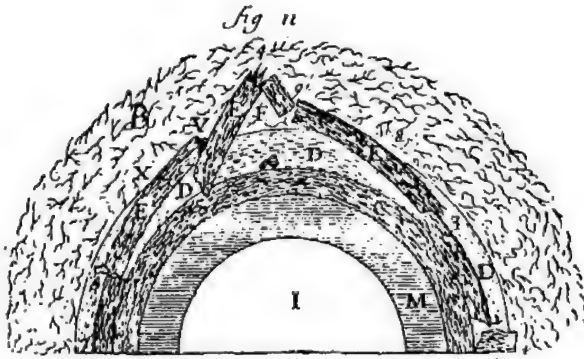
وكما اشار دوبري (Daubrée 1880) « لا يمكن ان نعتبر بصورة اوضح ، ان بروز القارات وتشكيل التفاوت فيما بينها ، هو نتيجة التنقل النسبي في فقرات القشرة الأرضية » .

ان الصورة الشهيرة في اللوحة 15 من « المبادئ » تعطي « قطعاً » للكرة الارضية (صورة 33) . في الوسط ، هناك العنصر الاول I (حرارة ، ضوء وقوة باقية من الحقبة البعيدة ، حين كانت الارض نجمة) . وفيها بعد هناك كرة M مؤلفة من ذات المادة التي تتألف منها البقع الشمسية ، ثم « قشرة من الارض شديدة الوزن » (C) وقشرة اخرى اخف (E) . وبين القشرتين ، هناك خضم داخلي (D) تعوم فوقه القشرة (E) . وتتأرجح اجزاء من القشرة (E) وتنحطم في المحيط الداخلي او تنصب جيالاً .

هذا المحيط الداخلي يجعل الطوفان قابلاً للتفسير ، بسبب ضخامة كتلة الماء . ومن جهة اخرى ، ظن ديكارت ان البحر اذا كان لا يفيض ، فذلك لان مياهه تتصل من خلال ممرات بهذا المحيط الداخلي الذي منه تأتي الينابيع ، بشكل ان مجرى المياه في هذه الارض يشبه مجرى الدم في جسد الحيوانات .

كل هذه الفرضيات كانت في الاصل من منشأ فلسفي خالص ولم تكن تتركز ابدأ على اية ملاحظة على الارض .

ويعود الى ديكارت ايضاً انه نشر نظرية ذكية جداً حول تشكيل المناجم المعدنية . واصل هذه الاتربة المعدنية كان يعزى عموماً لتأثيرات شمسية Siderales . حيث كان كل كوكب يحدد ، في العروق Filons نشأة وتكوين المعدن الذي يحمل اسمه . وبالعكس اكد ديكارت ان الخيوط كانت مملوءة بابخرة آتية من (الاعماق) . وسوف يتبنى ستينون الفكرة التي سبق لـ يوزفون كالب U. Von Kalbe اعتمادها في كتابه « برغوكلين » سنة 1505 ، ثم اكد عليها فيما بعد هوتن Hutton . وعلى العموم يبدو عمل ديكارت غريباً تماماً بالنسبة الى عصره . فقد ادخل في الكوسموغرافيا الافكار العقلانية في الحركة ، والدفع والقوة النابذة عن المركز .



صورة 33- بنية الارض بحسب ديكارت (المبادئ الفلسفية، امستردام 1644).

ان مبداه حول شمولية المادة سوف يتبين في القرن 19 بالتحليل الموشوري . ان فكرة الحرارة الداخلية ونشاطها سوف يكون لها تأثير على تطور النظريات الجيولوجية .

دوران المياه - في سنة 1643، نشر اليسوعي الفرنسي جورج فورنيه Georges Fournier كتاباً حول «الهيدروغرافيا». كان هذا الرجل رحالة، فوضع نظرية حول التيارات البحرية، وأكد أن مستوى المحيطات هو ذاته في كل مكان ، وان مياه الانهار التي تصب بالبحر كل يوم لا تتناسب ابداً مع حجم المحيطات .

وفي سنة 1674، صدر الكتاب، غير الشهير، الذي ألفه بيار بيرو Pierre Perrault (1680-1608) «أصل الينابيع» كان بيار بيرو Pierre Perrault أخاً للقصاص شارل بيرو Charles Perrault وأخاً للمهندس - رجل العلم كلود بيرو Claude Perrault، وكان قد عرف ان كل الناس يخطئون حين يعزون لياه الانهار حجماً أكبر بكثير من حجم مياه الامطار. فانخذ يبحث اولاً، عن معطيات صحيحة ، وبخلال ثلاث سنوات، واقعة بين 1668 و 1674 ، اخذ يقيس كميات مياه الامطار التي تهبط في باريس. فتوصل الى رقم 600 مم بالسنة ، وهو رقم ينطبق على الواقع . واكثر من ذلك، قاس مساحة جوض التلقي، في اعلى هضبة نهر السين، واستنتج ان كمية مياه الامطار التي تقع فيه تكفي لتغذيته، مع تأمين الحياة للاشجار وللحقول. ثم قال، كما قال الجميع منذ ارسطو حتى ديكارت ضمناً ، أن المياه تعود الى الجبال بشكل ابخرة، وعبر قنوات، وانها بعد ان تستعيد « شكل الماء » فهي تجد مخرجاً عبر الانهار.

عمل ستينون - اجري نيل ستينسين (1638 - 1686) Niels Steensen المشهور باسم ستينون Sténon - دراسته في مدينة ولادته كوبنهاجن Copenhagen ثم في امستردام وليد . وبعد اقامة ستينين في باريس (1664 - 1666) ذهب الى فلورنسا، حيث ساهم في اعمال « الاكاديمية دل سيمينو »، في بلاط الدوق الكبير، دوق توسكانة . واستخلص من دراسة دقيقة لاراضي هذه المنطقة،

استنتاجات مذهشة تماماً بالنسبة الى تلك الحقبة ظلت في اساس الستراتيغرافيا الحديثة فملخص عمله في كتاب : « برودروموس... » (فلورنسا 1669).

لقد قبل ، بالتأكيد بالطبيعة الحقبة للمتحجرات ، فضلاً عن ذلك اعترف بان الطبقات المختلفة في القشرة الأرضية المرئية هي نتيجة الترسبات البحرية ، وان كل طبقة مترسبة هي سابقة على الطبقة التي ترسب فوقها وهي لاحقة للطبقة المغطاة بها ، وان القشرات ترسب افقياً ، وانها اذا كانت منحنية ، فذلك لانها انقلبت ، واخيراً انه اذا كانت قشرة ما قد ترسبت افقياً فوق طبقات متعرجة او منحنية فذلك لان الانقلاب كان سابقاً . وقدم اول رسمة للاختلاف والتفارق في الطبقات .

بل ان ستينون Sténon قدم اكثر . فميز « الصخور البدائية » السابقة على وجود النباتات والحيوانات و « الصخور الثانوية » المتراكمة فوق السابقة والتي تحتوي المتحجرات ، واخذ يقارن قواقع المتحجرات في ايطاليا ، بالاجناس الحية ، ويميز المتحجرات البحرية عن متحجرات المياه الحلوة . واخيراً قال بوجود ست حقب كبرى في الطبيعة بحسب ما اذا جاء البحر ليغطي القارات او ينسحب منها (اول محاولة حول اهمية التجاوزات والتراجعات البحرية) .

ان ضخامة هذا العمل تدل على ان ستينون Sténon يمكن ان يعتبر اول جيولوجي حق . رغم ان السنوات الاخيرة من حياته كانت تقريباً مخصصة بكاملها لنشاطات دينية . وكان ستينون ايضاً احد كبار المشرحين في القرن 17 .

المدرسة الانكليزية : هوك Hooke ، لويد Lhuyd ، وودورد Woodward ، وليستر Lister - كان روبر هوك Robert Hooke احد كبار المفكرين في القرن 17 . واستخدم الميكروسكوب لدراسة الحيوانات الصغيرة المتحجرة ، ولدراسة المنخرات من غط روتاليا خاصة . وكان ايضاً خالق التشريح المقارن للنباتات الحية والمتحجرة . لانه درس وقارن البنية التشريحية للاخشاب الحالية ، والخيوط في الخشب التالف . وتضمن كتاب ميكروغرافيا لسنة 1665 رسمة جميلة جداً للبنية التشريحية لخشب اصبح صوانياً ، واصبح ملفتاً للنظر خاصة انه لم يكن بالامكان يومئذ اعداد شفرات رقيقة .

ودرس هوك الآمونية وبين ان الخطوط الواصلة الضامة كانت اغشية حاجزة ، وحواجز تفصل الجيوب ، مما يقرب هذه الحيوانات المتحجرة من القوقعات الحالية . واكثر من ذلك ، كان هوك Hooke طليعياً لا ينازع فيما يخص النظرية التحويلية ، عندما كتب :

« قد يوجد انواع مختلفة من نفس النوع . . . » « نحن نعلم ، ان تقلب المناخ ، والارض والغذاء ، يحدث غالباً تغييراً في الاجسام التي تحملت هذا التقلب . » (فالكلاب والماعز . . يتغير مظهرها مع المناخ ومع الغذاء . واذا نقلت هذه الحيوانات وغيرها الى مكان غير مكانها ، فمن المتوقع ان ينتج عن ذلك تغييرات » .

وندين لادوار لويد Edward Lhuyd بعمل جليل : « ليتوفيلاسي برينانيسي ايكونوغرافيا » (1699) الذي يتضمن وصفاً لـ 1600 حيوان ونبات متحجر التقط في انكلترا، و250 نوعاً رسم بعناية فوق 23 لوحة بمقاس 8°. ويلاحظ المؤلف انه توجد اشكال مشابهة في كل من انكلترا وايرلندا ، ولكنه ينسب المتحجرات إلى إخراج الأرض أجساماً عضوية صغيرة توزع في الهواء والماء . ومع هذا فنحن مدنيون له بأوصاف دقيقة وبأساء لأنواع ، مثل « تريبراتولا » بين عضديات الأرجل ، وترينكلوس بين ثلاثيات الفصوص . ومن ناحية الستراتيغرافيا ، يبدو أنه فكر بوجود المتحجرات الخاصة ببعض الطبقات ، عندما لاحظ أن الكرعانيات الطباشيرية في انكلترا وايرلندا تتشابه .

ويعتمد جون وود وود John Woodward هو أيضاً افكار عصره، ولكنه كان ملاحظاً ذكياً ، لاحظ أن ارض انكلترا كانت مؤلفة من طبقات افقية، متراكمة، من اصل بحري، وتحتوي على متحجرات .

اما مارتان ليستر Martin Lister، فقد استولى على ملاحظات ج. اوين G.Owen الذي بين منذ اواخر القرن 16 انتشار بعض القشرات فوق مساحات كبيرة.

وقد فهم ترتيب الطبقات الترسبية في انكلترا، ولاحظ حتى تكلمة طيشور انكلترا في الطرف الآخر من المانش. ويبدو انه كان أول من فكر ببناء خارطة جيولوجية. ولكن مشروعه لم يوضع موضع التنفيذ.

المدرسة الالمانية من كيرشر Kircher الى ليبنيث Leibniz - تخصص اليسوعي الفيزيائي الأب ر. آتاناز كيرشر (1601 - 1680) R.P.Athanase Kircher بدراسة الأرض، بزيارة مغارات رينانيا Rhénanie. وفي سنة 1635، وجد في روما، برفقة زميله العالم، الاب شايتر P.Scheiner. ورصد الشمس ثم وضع خارطة لها نشرها فيها بعد، سنة 1664، في كتابه « عالم ما فوق الأرض ». لا شك ان هذه الخارطة عجيبة، بما فيها من « آبار ضوئية »، ومن لهب مرئي، ومن تضاريس وانفجارات بركانية ضخمة، ولكن لأول مرة تبدو الشمس ككوكب في حالة فوران وتغير. ولم تبق هناك الا خطوة للوصول الى الفكرة القائلة بان الأرض ايضاً هي كوكب في طور التغير. وقد اجتاز ب. كيرشر P.Kircher هذه الخطوة، وأظهر لنا داخل الأرض، في صورتها الثالثة (راجع المجلد 1، القسم 1، الفصل 5): « نظاماً نظرياً للنيران تحت الأرضية، تبدو فيه البراكين كمنافذ أو مناور ». كل شيء غلط فيه، ولكن مع ذلك هناك قاعدة للملاحظات، كون كيرشر Kircher قد تجرأ على النظر الى ما يمكن ان يجري داخل الأرض؛ صحيح انه في سنة 1638 شاهد انفجار بركان فيزوف، مقروناً بهزة ارضية. وعاد كيرشر Kircher بعدها، مثل ديكاوت الى الفكرة القديمة عن القنوات الباطنية، التي توصل البحار بالأرض، حتى تنظم دورة واسعة للمياه، مما يمنع البحار من الفيضان . واستخدم كيرشر قوة المد لكي يجعل مياه البحار تصعد الى اعالي الجبال، لتعود بعدها عبر الانهار. وبدا رائداً من رواد الجيولوجيا الحديثة عندما كتب : « لا في الداخل، ولا في الخارج، لم تبق الأرض على الحالة التي كانت عليها في البداية ». ثم قدم لائحة بالعوامل المغيرة : الحت، طغيان البحر، ترسبات الانهار، التحويرات التي

تحدثها الزلازل. وعزا الى النار الداخلية الفعل المؤثر في حياة الارض، كما ظن ان الزلازل هو في اساس اختفاء الاثلنتيد (التي اعطى عنها خارطة) .

ولد ليبنيز Leibniz في ليزيغ 1646 ، واصبح سنة 1676 أمين المكتبة في بلاط دوق برنشويغ - لونبرغ Brunswick- Luneburg في هانوفر ، وكلف سنة 1680 ، بكتابة تاريخ آل هانوفر Hanovre ودوقية برنشويغ . وفيما كان يجوب ايطاليا بحثاً عن مستندات التقى ستينون Sténon فأعجبته منه تصوراته الجيولوجية . وكان قد قرأ ديكاوت ، وأعجبته تفسيراته « الميكانيكية » إلا أنه لم يكن حتى ذلك الحين ، يستطيع الانفكاك من الفكرة القديمة وكان يعتبر أن « مصادر الميكانيكية يجب أن تكون في الفيزياء » . كما قرأ كيرشر Kircher واستشهد به .

وقرر البدء بدراسته التاريخية بعرض جغرافي، وحتى جيولوجي . وبعد ذلك، اصبح التاريخ الجيولوجي للدوقية ضمن التاريخ الجيولوجي للارض، هذا التاريخ الذي يجب ان يستخدم كمدخل لعمله . هذا العمل « البروتوجا » لم ينشر في غوتنجن الا بعد 33 سنة ، بعد موته، في سنة 1749، اي في ذات السنة التي ظهرت فيها « نظرية الارض » لبوفون Buffon الفرنسي . الا ان مختصراً لها كان قد نشر منذ 1693 .

وكان ليبنيز Leibniz ، مثل ديكاوت Descartes، يؤمن بالاصل الناري للكرة الارضية، وبوجود نار مركزية . وأشار الى غزارة المواد شبه الزجاجية (Vitreuses)، والمظاهر البركانية، والمياه الحرارية ذات الحرارة العالية والهزات الارضية .

ومن جهة اخرى، كان ليبنيز يؤمن ان الارض ، منذ الخليفة ، اصابها تغييرات مستمرة بفعل النار والماء . وهنا ينفصل عن ديكاوت الذي لم يكن يؤمن الا بفعل النار . وكانت فكرته عن التحولات الثابتة جزئية بالنسبة الى عصره . اما بالنسبة الى الطوفان، فقد كان ليبنيز يؤمن، ككل معاصريه، بان سببه لم تكن الامطار فقط، بل خروج المياه الباطنية بشكل مفاجئ من جراء تصدعات اصاب « قشرة الارض » . وميز بين الصخور ذات الاصل الناري والصخور الرسوبية، وظن ان شكل التضاريس سببه المياه والرياح ، نظراً لان سلاسل الجبال سببها تفجرات تساقط على الطوفان .

وفي كتابه « محاولات جديدة »، كتبها سنة 1703 (ونشرت سنة 1765)، بدا ليبنيز وكأنه أول من عرف النوع :

« نحن نعرف النوع بالخلق، بحيث ان الشبيه الذي يأتي او يمكن ان يأتي من نفس الاصل او من نفس البذار سوف يكون من نفس النوع. » ، « الا انه لا يمكن تحديد حدود ثابتة للانواع » « ان الانواع مترابطة فيما بينها ولا تختلف الا بدرجات غير محسوسة » ، « وكل شيء في الطبيعة يتم بالتدرج ولا شيء يحدث بالقفز » .

ونورد ايضاً جملة اخرى : « ربما، في بعض الازمنة او بعض الامكنة من الكون، كانت انواع الحيوانات او ستكون عرضة للتغيير اكثر عما هي عليه الآن فيما بيننا »

وكان لينيز وهو يكتب هذا، يحضر الافكار، بشكل واضح لكي تقبل تطور الانواع الذي سوف يتوضح في القرن 18.

علماء التعدين : ستينون *Sténon* ، هويجن *Huygens* ، بويس دي بودت *Boece de Boodt* - لقد ساهمت المينيرولوجيا او دراسة التربة المعدنية ، بأن واحد ، باساليها ، بالعلوم الرياضية ، والفيزيائية والكيميائية والطبيعية ، بحسب وجهات النظر المدروسة . ويمكن تقسيم علم التعدين هذا الى فروع هي :

1) علم البلارة والتبلر *Cristallographie* وهو علم التعدين الخالص الذي يدرس الخصائص المرتبطة بالتناظر *Symétrie* .

2) علم التعدين الكيميائي او دراسة التركيب الكيميائي لتربة المعادن .

3) علم الصتامة او الصخور (او التعدين بالمعنى الواسع) وهو يصف المعادن كثرة ، ونشأتها وامتزاجها كصخور ، ودورها في الطبيعة . وانفصل هذا الفرع الخاص من علوم الارض ، باكراً ، عن الجيولوجيا بالذات ، بعد ان كان كل الجيولوجيا بالمعنى الواسع .

وحوالي منتصف القرن 17 ، وتأثير ديكارت خاصة ، ولّد تيار كبير من الفضول العلمي البحوث المتنوعة . ولم تنج التربة المعدنية من هذا . بل ان كلمة « المملكة المعدنية » ظهرت الى الوجود . وجرّت محاولة لتصنيف الركازات المعدنية *Minéraux*

وبدأت في القرن 17 دراسة البلورات *Cristaux* تسترعي اهتمام المراقبين الكثير . في هذه الاثناء برزت ملاحظات مفيدة دونها هوك *Hooke* ، ليونهورك *Leeuwenhoek* وبويل . وقام ستينون *Sténon* بدراسة اعمق لاشكال مختلف انواع البلور وخاصة البلورات المشورية من كوارتز ذات القطع المستقيم السداسي الالوجه *Hexagonale* . ودرس مواطنه ارasmus بارتولين *Erasmus Bartholin* (1625 - 1698) بلورات سبات *Spath* ايسلندا (كالكسيت) ، وهذه المناسبة ، لاحظ ، وهو الاول ، ظاهرة الانكسار المزدوج للضوء (اكسيرمانتا كريستالي . . . ، كوينهاغ ، 1669) . وبعد ذلك بقليل ، قرر هويجن *Huygens* رسالة حول بنية الكالكسيت ، ثم « كتاب الضوء » الذي صدر سنة 1690 . فقد افترض ان بلور الكالكسيت يتكون من بياضوايات صغيرة دوارية مسطحة ومصفوفة بعضها فوق بعض بحيث تشكل مراكزها شبكة مشورية سداسية يرتدي ثقبها *Maille* شكل مشور سداسي ذي شق من الكلسيت . هذا التصور ليس يبعد عن الفكرة التي طورها هوي *Haüy* بعد قرن من الزمن .

ولد آنسلم بويس دي بودت (1550 ? - 1632) *Anselme Boëce de Boodt* في بروج ، واستدعي سنة 1604 الى بلاط بوهيميا كطبيب واختصاصي بالحجارة الكريمة من قبل الامبراطور رودولف 2 . واثناء اقامته في براغ كتب بويس دي بودت كتابه : « هيستوريا جاروم ولايدوم » الذي ظهر سنة 1609 ، في هانو ، في السنة التي نشر فيها كبلر *Kepler* ايضاً ، وكان في خدمة وبكفالة الامبراطور ، القوانين الأولى حول حركة الكواكب .

في هذا الكتاب عالج بويس دي بودت Boece de Boodt موضوع الاحجار الكريمة والاحجار اللطيفة، وكذلك موضوع عدد كبير من اشباه المعادن الاخرى وبعض الصخور. وفصل خصائصها، وامكنتها، واستعمالاتها. وشدد على اهمية التجربة التي مكنته من تبيين عدد من الخصائص الفيزيائية لاشباه المعادن. وميز بين خمس درجات فيها يتعلق بصلابة الاحجار: تربة قاسية، احجار طرية، احجار قاسية يستطيع المنشار العمل فيها، احجار لا يعمل فيها الا حجر السبازج ثم الاحجار التي لا تعالج الا بالماس. ويبدو انه كان اول معدن عالج موضوع «البصريات»، دون ان يستطيع حل مشكلتها بالطبع. ودرس بعناية فائقة 'الماس'، والياقوت Rubis والبجادي Grenat والسفير، والاوبال، والزرجد، والطوايز، والكوارتز (وكان يميز بين انواعها سندا للون)، والمرجان واللؤلؤ. وابتدع كلمة نفريت (حجر اليشم) Néphrite وذكر الاستعمالات الاستطبابية للاحجار الكريمة، ووصف ايضا عددا من المتحجرات والصخور، ما مجموعه 647 عنصراً، وهذا كثير بالنسبة الى تلك الحقبة. وقد لاقى كتابه نجاحاً كبيراً: واعيد طبعه سنة 1636، 1647 و1649 وترجم الى الفرنسية سنة 1644 تحت عنوان «الجوهري الكامل او تاريخ الاحجار...».

المجموعات الجيولوجية الكبرى - لم تفهم طبيعة المتحجرات ابداً، ولكن وجودها وتنوعها اجتذبا الانتباه بما يكفي لولادة فكرة جمعها وتنظيمها. وسوف تصبح موضوع دراسات وموضوع نشرات.

وسوف يتأكد (منذ ذلك الحين) انه لا يمكن درس الصخور والمتحجرات الا اذا توفرت مجموعات للمقارنة والنشر الوصفي المعتمد على الصور بشكل واسع. ويبدو ان اول مجموعة نشر كاتالوغها، هي مجموعة جوهان كانتمان (1518 - 1574) Johann Kentmann. وكان تصنيفها متركزاً على نظام اغريكولا Agricola. وارفق كنتمان Kentmann بها صورة لمكتبه الذي سماه: «اركاريوم فوسيلوم»⁽¹⁾.

وفي ايطالياً تكونت المجموعات الجيولوجية الكبرى الاولى. في المقام الاول من هذه، يجب ان نذكر مجموعة الفاتيكان، التي اوجدها البابا سيكست - كانت Sixte - Quint. ولم ينشر الكاتالوغ، الذي وضع سنة 1574 الا في سنة 1719. وقدم عنها م. مركاني M. Mercati درسا تشريحياً مقارناً (غير مقصود)، فصور جنباً الى جنب الغلوسيتز (Glossopètres = اللسان المحجر) وفكاً مفتوحاً لكلب البحر لكي يبرز تماثل الشكل، ولكنه لم يفهم ان في هذا تماثلاً في الطبيعة.

وهناك مجموعة اخرى كبرى هي مجموعة اوليس الدروفندي Ulisse Aldrovandi التي وضع لها كاتالوغاً جيداً مع ترقيم وعناوين، سندا لشهادة ميسون Misson الذي زارها سنة 1668 وشاهد

(1) ان كلمة ميزيوم اطلقت لأول مرة على بيت ربات الشعر والفنون (Muses) في الاسكندرية في القرن ق.م. (راجع التاريخ العام للعلوم، مجلد 1، القسم 2، الكتاب 2، الفصل 1، وكان يدل على نوع من «الأكاديمية». ولم تستعمل الكلمة إلا في القرن 16، للدلالة على مجموعة من القرد، رغم احتجاجات علماء اللغة في ذلك الحين.

كاتالوغها المؤلف من 187 مجلداً . ونشر « ميزيوم ميتاليكوم » الذي وضعه الذروفاندي Aldrovandi من قبل امبروزيني Ambrosini سنة 1648، ثم حولت المجموعة الى ميزيوم (متحف) بولونيا . وكان « كالمسيولاريوس » فيرونأ وهو متحف مهم نظمته فرانسيسكو كالمسيولاري Francesco Calzolari (1609-1522) موضوع العديد من الكاتالوجات .

وفي انكلترا، كان اول كاتالوغ مهم هو كاتالوغ مجموعة جون ترادسكان John Tradescant، لسنة 1656 . ومن بين الاشياء المحفوظة، ذكرت بصورة خاصة الاخشاب المتحجرة (Pyritisé) ثم شجرة البهشية المهترئة المجلوبة من « لوش نس » . وعرضت المجموعة في لامبث ثم نقلت الى « اشمولين ميزيوم » في اكسفورد، سنة 1683 (حيث لم تعد موجودة الآن، لا هي ولا مجموعات لويد وبلوت (Lhuyd, Plot) . وكانت جامعة اكسفورد أكثر حظاً، فاحتفظت بمجموعة جون وود ورد John Woodward . ومن جهتها حصلت « الجمعية الملكية » على مجموعة روبير هوبرت Robert Hubert (المعروف بفورجس)، ونشرت كاتالوغها سنة 1664 .

واقترح روبير هوك Robert Hooke انشاء المتحف الوطني البريطاني الذي شدد على منافع المجموعات الكبرى : كتب يقول : « ان علماء الطبيعة يفتقرون، ليس فقط، الى وصف لأنواع القواقع والاسماك ، بل الى وصف اشياء اخرى كثيرة . . ومن المستحسن تخصيص مستودع Repository لمجموعة كاملة، ما امكن، تتضمن كل انواع الاجسام الطبيعية التي يمكن العثور عليها بحيث يجد الفضوليون فيها بغيتهم فيرجعون اليها ويستخدمونها، ويدورون حولها ليقروا كتاب الطبيعة وبهذه المناسبة، اتنى جدا ان يتضمن هذا المستودع Repository مجموعة كاملة ما امكن من الاصداف المتحجرة ومن المتحجرات المختلفة Pétrifications » .

وتوقع هوك Hooke تأسيس ما سوف يكون « البريتش ميزيوم » (التاريخ الطبيعي) . ورغب إيواؤه في مونتاغو هوس، في بلومبري . ونظمت اوراق يانصيب لتمويل شراء العقار وتنظيم المبني الجديد . ونقل المستودع (Repository)، والجمعية الملكية الى الميزيوم الجديد سنة 1781، وكان المؤسس الحقيقي للبريتش ميزيوم سير هانس سلوان Sir Hans Sloane الذي ترك للدولة مجموعاته الضخمة و20 000 ليرة استرلينية لحفظها .

مراجع القسم الثاني

مؤلفات عامة

Ouvrages généraux : *Histoire générale des civilisations*, t. IV : *Les XVI^e et XVII^e siècles* (R. MOUSNIER, 5^e éd., Paris, 1967) ; Collection « Peuples et civilisations », t. IX : *La prépondérance espagnole (1559-1660)* (H. HAUSER, 3^e éd., Paris, 1948) ; t. X : *Louis XIV (1660-1715)* (Ph. SAGNAC et A. de SAINT-LÉGER, 3^e éd., Paris, 1949) ; Collection « Clio » : *La XVII^e siècle* (E. PRÉCLIN et V.-L. TAPIÉ, 2^e éd., Paris, 1949) ; Collection « Nouvelle Clio » : *La France aux XVII^e et XVIII^e siècles* (R. MANDROU, Paris, 1967) ; R. GROUSSET et E.-G. LÉONARD, éd., *Histoire universelle*, t. III : *De la réforme à nos jours*, Paris, 1958 ; P. CHAUNU, *La civilisation de l'Europe classique*, Paris, 1966 ; F. BRAUDEL, *Civilisation matérielle et capitalisme*, t. I, Paris, 1967 ; B. WILLEY, *The seventeenth century background*, Cambridge, 1934 ; F. L. CARSTEN, *The Ascendancy of France (1648-1688)*, Cambridge, 1961 (« The new Cambridge modern history », t. V) ; H. A. PR. SMITH, *History of modern culture*, 2 vol., New York, 1930-1934 ; R. K. MERTON, *Science technic and society in seventeenth century* (*Osiris*, vol. 4, 1938).

مؤلفات تتناول مجمل العلوم

Ouvrages touchant à l'ensemble des sciences : Bibliographies précédemment signalées de POGGENDORFF, SARTON et RUSSO. Ouvrages cités de CLAGETT, CROMBIE, DAUMAS, GUNTHER, HALL, KOYRÉ, MIELI-PAPP-BADINI (vol. 5 à 7), WOLF ; G. HANOTAUX, éd., *Histoire de la nation française*, t. XIV et XV, Paris, 1924 (*Histoire des sciences* par E. PICARD, H. ANDOYER, P. HUMBERT, Ch. FABRY, A. COLSON, M. CAULLERY) ; H. BUTTERFIELD, *The origins of modern science*, Londres, 1949 ; H. PLEDGE, *Science since 1600*, 2^e éd., Londres, 1966 ; F. ENRIQUES et G. de SANTILLANA, *Compendio di storia del pensiero scientifico*, Bologne, 1948 ; M. BOLL et divers, *La science, ses progrès et ses applications*, t. I, 2^e éd., Paris, 1950 ; R. LENOBLE et divers, *Les sciences au XVII^e siècle (revue XVII^e siècle, janv. 1956)* ; S. F. MASON, *Histoire des sciences*, Paris, 1956 ; A. R. HALL, *From Galileo to Newton, 1630-1720*, Londres, 1963.

الحياة العلمية

La vie scientifique : M. DAUMAS in *Histoire de la science*, Paris, 1957 ; M. ORNSTEIN, *The role of scientific societies in the seventeenth century*, 3^e éd., Chicago, 1938 ; H. BROWN, *Scientific organizations in seventeenth century France*, Baltimore, 1934 ; Th. BIRCH, *History of the Royal Society of London*, rééd., 4 vol., New York, 1967 ; Sir H. LYONS, *The Royal Society, 1660-1940*, Cambridge, 1944 ; D. STIMSON, *Scientists and amateurs. A history of the Royal Society*, New York, 1948 ; E. MAINDRON, *L'Académie des Sciences*, Paris, 1888 ; *Histoire et prestige de l'Académie des Sciences (1666-1966)*, Paris, 1966 ; Institut de France, *Académie des Sciences, Troisième centenaire, 1666-1966*, 2 vol., Paris, 1967 ; A. FAVARO, *Documenti per la storia dell' Accademia dei Lincei* (*Bull. di bibl. e di storia delle scienze...*, vol. XX, 1887). *Archives du Muséum d'histoire naturelle*, volume du Tricentenaire, Paris, 1935.

دراسات متخصصة

Monographies : A. CARLI et A. FAVARO, *Bibliografia galileiana*, Rome, 1896 ; G. BOFFITO, *Bibliografia galileiana, 1896-1940*, Rome, 1943 ; E. GENTILI, *Bibliografia galileiana... (1942-1964)*, Varese, 1966 ; F. S. TAYLOR, *Galileo and the freedom of thought*, Londres, 1928 ; A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, 2^e éd., Paris, 1966 ; ID., *Galilée et la révolution scientifique du XVII^e siècle*, Paris, 1955 ; G. ABETTI, *Amici e nemici di Galileo*, Milan, 1945 ; G. de SANTILLANA, *Le procès de Galilée*, Paris, 1955 ; GALILÉE, *Sidereus nuncius*, trad. fr., Paris, 1964 ; ID., *Dialogues et lettres choisies*, Paris, 1966 ; L. GEYMONAT, *Galileo Galilei*, 2^e éd., Turin, 1962 ; *Atti del Symposium internazionale... Galileo...*, Vinci, 1967 ; Div., *Galilée, Aspects de sa vie et de son œuvre*, Paris, 1968 ;

E. McMULLIN, ed., *Galileo man of science*, New York, 1967 ; P.-M. SCHUILL, *La pensée de Bacon*, Paris, 1949 ; R. W. GIBSON, *A bibliography of Bacon's works and of baconiana...*, Oxford, 1950 ; H. F. ANDERSON, *Bibliography of Francis Bacon*, Chicago, 1948 ; I. BEECKMAN, *Journal*, éd. par C. de WAARD, 4 vol., La Haye, 1939-1953 ; M. MERSENNE, *Harmonie universelle*, Paris, 1636 ; céd. Paris, 1961 ; ID., *Les Mécaniques de Galilée*, Paris, 1634 ; rééd. 1966 ; *Correspondance du P. Marin Mersenne*, éd. par C. de WAARD, 10 vol. parus, Paris, 1933-1967 ; R. LENOBLE, *Mersenne ou la naissance du mécanisme*, Paris, 1943 ; P. GASSENDI, *Opera Omnia*, 6 vol., Lyon, 1658 ; rééd. Stuttgart, 1964 ; *Pierre Gassendi*, Paris, 1955 ; *Tricentenaire de Pierre Gassendi*, Paris, 1957 ; Ch. ADAM, *Descartes, sa vie et son œuvre*, Paris, 1910 ; G. MILHAUD, *Descartes savant*, Paris, 1921 ; E. GILSON, *Le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*, Paris, 1930 ; J. F. SCOTT, *The scientific work of René Descartes*, Londres, 1952 ; A. von BRAUNMÜHL, *Christopher Scheiner...*, Bamberg, 1891 ; P. HUMBERT, *Un amateur, Peiresc*, Paris, 1933 ; ID., *L'œuvre scientifique de Blaise Pascal*, Paris, 1947 ; A. MARRE, *L'œuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1912 ; Divers, *L'œuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1964 ; A. R. HALL, ed., *The Correspondence of Henry Oldenburg*, 5 vol. parus, Madison, 1965-1968 ; H. GOUIER, *La philosophie de Malebranche*, Paris, 1928 ; L. BLOCH, *La philosophie de Newton*, Paris, 1908 ; F. CAJORI, *Sir Isaac Newton*, Londres, 1928 ; E. A. BURTT, *The metaphysics of Sir Isaac Newton*, Londres, 1925 ; L. T. MORE, *Newton*, Londres, 1934 ; Mrs and R. BADSON, *A descriptive catalogue... of the works of Sir Isaac Newton...*, New York, 1950 ; E. N. da C. ANDRADE, *Isaac Newton*, Londres, 1954 ; *The Correspondence of Isaac Newton*, ed. by H. W. TURNBULL, 4 vol. parus, Londres, 1959-1967 ; Y. BELAVAL, *Leibniz critique de Descartes*, Paris, 1960.

رياضيات

Mathématiques : Ouvrages cités de BECKER et HOFMANN, BOURBAKI, BOUTROUX, BRAUNMÜHL, CAJORI, CANTOR (vol. 2 et 3), CHASLES, COOLIDGE, DEDRON et ITARD, HOFMANN, KÄSTNER, LORIA, MONTUGLA, SMITH, TROPFKE, ZEUTHEN ; F. CAJORI, *A history of mathematics*, 2^e éd., New York, 1919 ; W. W. R. BALL, *Histoire des mathématiques*, 2 vol., Paris, 1928 ; E. T. BELL, *The development of mathematics*, 2^e éd., New York, 1945 ; R. C. ARCHIBALD, *Outline of the history of mathematics*, 6^e éd., Amer. Math. Monthly, 1949 ; J. E. HOFMANN, *Geschichte der Mathematik*, 3 vol., Berlin, 1963 ; J. F. SCOTT, *A history of mathematics*, Londres, 1958 ; L. BRUNSCHVIG, *Les étapes de la philosophie mathématique*, 4^e éd., Paris, 1947 ; P. BOUTROUX, *L'idéal scientifique des mathématiciens*, 2^e éd., Paris, 1955 ; D. T. WHITESIDE, *Pattern of mathematical thought in the later seventeenth century (Archive for History of Exact Sciences, I, 3, Berlin, 1961)* ; P. SERGESCU, *Les recherches sur l'infini mathématique...*, Paris, 1949 ; C. B. BOYER, *The concept of the calculus*, 2^e éd., New York, 1949 ; L. GEYMONAT, *Storia e filosofia dell'analisi infinitesimale*, Turin, 1947 ; L. E. DICKSON, *History of the theory of numbers*, 3 vol., Washington, 1923 ; I. TODDUNTER, *History of the mathematical theory of probabilities...*, Cambridge, 1865 ; J. L. COOLIDGE, *History of geometrical methods*, Oxford, 1940 ; ID., *A history of the conic sections and the quadric surfaces*, Oxford, 1945 ; A. AMODEO, *Origine e sviluppo della geometria proiettiva*, Naples, 1939 ; C. B. BOYER, *The history of analytical geometry*, New York, 1957 ; P. TANNERY, *Mémoires scientifiques*, t. VI, Paris, 1926 ; H. BOSMANS, nombreux articles (liste in Arch. int. hist. des sci., t. 3, 1950) ; F. RITTER, *François Viète*, Paris, 1895 ; J. ITARD, *Pierre Fermat*, Bâle, 1950 ; G. KNOTT, ed., *Napier tercentenary memorial volume*, Londres, 1915 ; R. TATON, *L'œuvre mathématique de G. Desargues*, Paris, 1951 ; A. FAVARO, B. Cavalieri, Venise, 1915 ; E. WALKER, *A study in the « Traité des indivisibles » of Roberval*, New York, 1932 ; F. CAJORI, *William Oughtred*, Chicago, 1916 ; P. H. OSMOND, *Isaac Barrow*, Londres, 1944 ; J. F. SCOTT, *The mathematical work of J. Wallis*, Londres, 1938 ; C. J. SCRIBA, *Studien zur Mathematik der John Wallis...*, Wiesbaden, 1966 ; H. W. TURNBULL, *James Gregory*, Londres, 1939 ; ID., *The mathematical discoveries of Newton*, Londres, 1945 ; *The Mathematical Works of Isaac Newton*, ed. by D. T. WHITESIDE, 2 vol., New York, 1964-1967 ; *The mathematical papers of Sir Isaac Newton*, ed. by D. T. WHITESIDE, 2 vol. parus, Cambridge, 1967-1968 ; I. NEWTON, *Principes mathé-*

matiques de la philosophie naturelle, trad. Mme du CRATELET (Paris, 1756 ; rééd. 1966) ; ID., *La méthode des fluxions et des séries infinies*, trad. BUFFON (Paris, 1740 ; rééd. 1966) ; LEIBNIZ, *Mathematische Schriften* (GERHARDT, éd., 7 vol., Berlin, 1849-1863 ; rééd., 7 vol. Hildesheim, 1962) ; ID., *Die philosophischen Schriften*, 7 vol. (GERHARDT, éd., Berlin, 1875-80 ; rééd. Hildesheim, 1960-61) ; ID., *Briefwechsel mit Mathematikern* (Berlin, 1899 ; Hildesheim, 1962) ; J. E. HOFMANN, *Die Entwicklungsgeschichte der leibnizschen Mathematik...*, Munich, 1949 ; *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, I, Bâle, 1953 ; *Œuvres de Viète* (Leyde, 1646), Fermat (5 vol., Paris, 1891-1922), Descartes (12 vol., Paris, 1896-1911 ; en cours de réédition), Torricelli (5 vol., Faenza, 1919-1944), Pascal (14 vol., Paris, 1908-1914), Huygens (22 vol., La Haye, 1888-1950).

ميكانيك

Mécanique : Ouvrages cités de DIJKSTERHUIS, DUGAS, DUHEM, JOUGUET, MACH, OLSCHKI ; R. DUGAS, *La mécanique au XVII^e siècle*, Paris, 1954 ; E. A. BURTT, *The metaphysical foundations of modern physical science*, 2^e éd., Londres, 1932 ; E. W. STRONG, *A study in the philosophy of mathematical-physical science in the 16th and 17th centuries*, Berkeley, 1931 ; R. LENOBLE, *Mersenne et la naissance du mécanisme*, Paris, 1942 ; M. BOAS, *Establishment of the mechanical philosophy* (Osiris, t. X, 1952) ; E. T. BELL, *Christian Huygens and the development of science in the 17th century*, Londres, 1947 ; I. TODHUNTER, *A history of the theory of elasticity*, 2 vol., Cambridge, 1893 ; A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, Paris, 1939 (2^e éd., 1966) ; ID., *Études newtoniennes*, Paris, 1968 ; ID., *A documentary history of the problem of fall from Kepler to Newton*, Philadelphie, 1955 ; C. de WAARD, *L'expérience barométrique*, Thouras, 1936 ; W. E. K. MIDDLETON, *History of the barometer*, Baltimore, 1964 ; M. GUÉROULT, *Métaphysique de la force chez Descartes et chez Malebranche* (Rev. de métaph. et de morale, 1954) ; ID., *Dynamique et métaphysique leibniziennes*, Paris, 1934 ; P. COSTABEL, *Leibniz et la dynamique*, Paris, 1960 ; F. ROSENBERGER, *Newton und seine physikalischen principien*, Leipzig, 1895.

فلك

Astronomie : Ouvrages cités de BERTRAND, DELAMBRE, DREYER, JOHNSON, KOYRÉ, ZINNER ; PINCHÉ, *Annales célestes du XVII^e siècle*, Paris, 1901 ; BAILLY, *Histoire de l'astronomie moderne*, 3 vol., Paris, 1785 ; J. LALANDE, *Bibliographie de l'astronomie*, Paris, 1803 ; J.-C. HOUZEAU et A. LANCASTER, *Bibliographie générale de l'astronomie*, 2 vol., Bruxelles, 1882-1889 ; E. DOUBLET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1922 ; F. BOQUET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1924 ; G. BIGOURDAN, *L'astronomie. Évolution des idées et des méthodes*, Paris, 1931 ; H. MACPHERSON, *Makers of astronomy*, Oxford, 1933 ; G. ABETTI, *Storia dell'astronomia*, Florence, 1946 ; trad. angl., New York, 1952 ; A. KOYRÉ, *La gravitation universelle de Kepler à Newton*, Paris, 1951 ; ID., *La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli*, Paris, 1961 ; A. DANJON et A. COUDER, *Lunettes et télescopes*, Paris, 1935 ; H. C. KING, *The history of telescope*, Londres, 1956 ; C. ANDRÉ et G. RAYET, *L'astronomie pratique et les observatoires... depuis le milieu du XVII^e siècle*, 5 vol., Paris, 1874-1881 ; C. WOLF, *Histoire de l'Observatoire de Paris*, Paris, 1902 ; G. BIGOURDAN, *Histoire de l'astronomie d'observation et des Observatoires en France*, 2 vol., Paris, 1918-1930 ; H. SPENCER-JONES, *The Royal Observatory Greenwich*, Londres, 1943 ; Observatoire de Paris, *Trois siècles d'astronomie (1667-1967)*, Paris, 1967 ; P. HUMBERT, *Les astronomes français de 1610 à 1667*, Draguignan, 1942 ; J. A. REPSOLD, *Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge*, 2 vol., Leipzig, 1908-1914 ; E. ROSEN, ed., *Kepler's Conversation with Galileo's sidereal Messenger*, New York et Londres, 1965 ; *Œuvres de Galilée* (20 t., Florence, 1890-1909 ; rééd. en cours), de Kepler (8 vol., Francfort, 1858-1870 ; nlle éd. en cours de publication, Munich, depuis 1938) ; éd. anglaises du *Dialogo* de GALILÉE (Chicago, 1953 ; Berkeley, 1953), des *Principia* de NEWTON (Berkeley, 1946) ; éd. française des *Principia* (Paris, 1756 et 1967) ; M. CASPAB, *J. Kepler*, Stuttgart, 1948.

فيزياء

Physique en général : Ouvrages cités de POGGENDORFF, GERLAND et TRAUMÜLLER, LASSWITZ, ROSENBERGER ; E. HOPPE, *Histoire de la physique*, Paris, 1928 ; F. CAJORI, *History of physics*, 2^e éd., New York, 1929 ; W. F. MAGIE, *A source book in physics*, New York, 1935 ; H. VOLKINGER, *Les étapes de la physique*, Paris, 1929 ; R. CAYERNI, *Storia del metodo sperimentale in Italia*, 6 vol.,

Florence, 1891-1900 ; P. MOUY, *Le développement de la physique cartésienne*, Paris, 1934 ; M. DAUMAS, *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1953 ; Ch. SINGER, E. J. HOLMYARD et A. R. HALL, *A history of technology*, vol. 3 : 1400-1650, Cambridge, 1957 ; A. P. UHDER, *A history of mechanical inventions*, 2^e éd., Harvard Univ. Press, 1954 ; L. T. MORE, *Life and works of... Robert Boyle*, New York, 1944 ; J. F. FULTON, *Bibliography of Robert Boyle*, 2^e éd., Londres, 1954 ; R. BOYLE, *The Works*, 6 vol., Londres, 1772 ; rééd. Hildesheim, 1965-1966 ; M. ESPINASSE, *Robert Hooke*, Londres, 1956 ; H. W. ROBINSON et W. ADAMS, *The diary of Robert Hooke, 1672-1680*, Londres, 1935 ; R. HOOKE, *Micrographia*, Londres, 1665 ; rééd. Londres, 1964 ; I. B. COHEN, ed., *Isaac Newton, Papers and Letters on natural Philosophy*, Cambridge, U.S.A., 1958.

بصريات

Optique : J. PRIESTLEY, *History and present state of discoveries relating to vision, light and colours*, 2 vol., Londres, 1772 ; E. VERDET, *Leçons d'optique physique*, 2 vol., Paris, 1869-1870 ; D. N. MALLIK, *Optical theories*, 2^e éd., Cambridge, 1917 ; E. HOPPE, *Geschichte der Optik*, Leipzig, 1926 ; C. E. PAPANASTASSIOU, *Les théories sur la nature de la lumière de Descartes à nos jours*, Paris, 1935 ; C. PLA, *El enigma de la luz*, Buenos Aires, 1949 ; V. RONCHI, *Histoire de la lumière*, Paris, 1956 ; Id., *Galileo e il cannocchiale*, Udine, 1942 ; R. SAVELLI, *Nel terzo centenario del « De luminibus » di F. M. Grimaldi*, Florence, 1966 ; I. B. COHEN, Roemer and the first determination of the velocity of light (*Isis*, t. 31, 1943) ; I. NEWTON, *Opticks*, Londres, 1704 (rééd. New York, 1952 ; trad. fr., Paris, 1720 ; rééd. Paris, 1955) ; E. R. THOMAS, *Newton and the origin of colours*, Londres, 1934 ; K. J. A. HALBERTSMA, *A history of the theory of colours*, Amsterdam, 1949 ; R. S. CLAY et T. H. COURT, *The history of the microscope*, Londres, 1932 ; Ed. FRISON, *L'évolution de la partie optique du microscope*, Leyde, 1954 ; M. ROOSEBOOM, *Microscopium*, Leyde, 1956.

مغناطيس وكهرباء

Magnétisme et électricité : J. PRIESTLEY, *History and present state of electricity...*, Londres, 1767 ; trad. fr., Paris, 1771 ; M. SIGAUD DE LAFOND, *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, Paris, 1781 ; Th. MARTIN, *La foudre et le magnétisme chez les Anciens*, Paris, 1866 ; E. SARTIAUX et M. ALIAMAT, *Principales découvertes et publications concernant l'électricité*, Paris, 1903 ; P. F. MOTTELEY, *Bibliographical history of electricity and magnetism*, Londres, 1922 ; E. HOPPE, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig, 1884 ; D. M. TURNER, *Makers of science : electricity and magnetism*, Oxford, 1927 ; J. DAUJAT, *Origine et formation des théories de l'électricité et du magnétisme*, Paris, 1947 ; M. GLIOZZI, *L'elettrologia fine al Volta*, 2 vol., Naples, 1947 ; E. BAUER, *L'électromagnétisme hier et aujourd'hui*, Paris, 1949 ; E. T. WITTAKER, *History of the theories of æther and electricity*, 2^e éd., 2 vol., Edimbourg, 1951-1953 ; D. H. D. ROLLER, *The « De Magnete » of William Gilbert*, Amsterdam, 1956 ; J. SMOLKA, *Otto de Guericke et son rôle dans l'histoire de l'électricité (Acta hist. rer. natur. necr. techn., spec. issue 2, 1966)*.

كيمياء

Chimie : Ouvrages cités de CROSLAND, DELACRE, DUVEEN, FERGUSON, FIERZ-DAVID, HOLMYARD, JAGNAUX, LEICESTER et KLINKSTEIN, von LIPPMANN, OSTWALD ; J. R. PARTINGTON, *A short history of chemistry*, Londres, 1948 ; H. METZGER, *La chimie*, Paris, 1930 ; Id., *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e siècle à la fin du XVIII^e siècle*, Paris, 1923 ; Id., *La genèse de la science des cristaux*, Paris, 1918 ; F. SZABADVARY, *History of analytical chemistry*, Londres, 1966 ; H. de WAELE, J. B. van Helmont, Bruxelles, 1948 ; T. S. PATTERSON, *J. Mayow's contribution to the history of respiration and combustion (Isis, vol. 15, 1931)* ; M. BOAS, *Robert Boyle...*, Cambridge, 1968 ; G.-E. STAHL, *Œuvres médico-philosophiques*, t. 2 à 6, Paris, 1859-1865.

علوم الإحياء

Sciences Biologiques en général : Les ouvrages précédemment cités de CANGRULHEM, CAULLERY, LOCY, MENDELSON, NORDENSKIÖLD, RÄDL, RAVEN, ROSTAND, SINGER ; G. CUVIER, *Histoire des sciences naturelles*, 5 vol., Paris, 1831-1845 ; J. METZLER, *Niels Steensen*, Copenhague, 1928 ; E. GUYENOT, *Les sciences de la vie aux XVII^e et XVIII^e siècles*, 2^e éd., Paris, 1956 ; M. CAULLERY, *La biologie au XVII^e siècle (XVII^e siècle, janv. 1956)* ; G. SCHERZ, *Nicolaus Steno and his indica*, Copenhague, 1958 ; Id., *Pionier der Wissenschaft. Niels Stensen in seinen Schriften*, Copenhague, 1963 ; Id., *Niels Stensen...*, Stuttgart, 1964.

Zoologie : Les ouvrages précédemment cités de ANKER, BOUVIER, CARUS, DELAUNAY, HALL, LOISEL, NISSEN, PETIT et THÉODORIDÈS ; C. DOBBEL, *Antony van Leeuwenhoek and his « little animals »*, Londres, 1932 ; J. ROSTAND, *L'évolution des espèces. Histoire des idées transformistes*, Paris, 1932 ; F. J. COLE, *Leeuwenhoek's zoological researches (Ann. of Sci., I, 1937, 1-46)* ; A. SCHIEBERECK, *The collected letters of A. van Leeuwenhoek*, 8 vol. parus, 1939-1967 ; M. F. A. MONTAGU, *Edward Tyson*, Philadelphie, 1943 ; G. R. de BEER, *Hans Sloane and the British Museum*, Londres, 1953 ; L. BELLONI, *Francesco Redi biologo*, Pise, 1958 ; W. HABTEY, *De motu locali animalium*, éd. WHITERIDGE, Londres, 1959 ; A. SCHIEBERECK, *Measuring the invisible world ; the life and works of Antoni van Leeuwenhoek*, Londres et New York, 1959 ; H. P. ADELMANN, *Marcello Malpighi and the evolution of embryology*, Ithaca (N. Y.), 1966, 5 vol. ; J. THÉODORIDÈS, *Les grandes étapes de la parasitologie (Clio Medica, I, 1966, p. 129-145, 185-208)*.

تسريح وفيزيولوجيا حيوانية

Anatomie et physiologie animales : Les ouvrages précédemment cités de CHOUANT, FOSTER, HERBLINGER et KUDLIEN, ROTESCHUH, SINGER ; F. F. COLE, *Early theories of sexual generation*, Oxford, 1930 ; J. F. FULTON, *Selected readings in the history of physiology*, Springfield, 1930 ; ID., *A bibliography of the writings of W. Harvey*, 2^e éd., Cambridge, 1953 ; G. CANGUILHEM, *La formation du concept de réflexe aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1955 ; Ch. SINGER, *The discovery of the circulation of the blood*, London, 1956 ; L. CHAUVOIS, *William Harvey*, Paris, 1957 ; W. PAGEL, *William Harvey's biological ideas...*, Basel-New York, 1967.

طب

Médecine : Ouvrages précédemment cités de BARIÉTY et COURY, CASTIGLIONI, DAREMBERG, DELAUNAY, DIEFGEN, GARRISON et MORTON, KING, LAIGNEAU-LAVASTINE, SINGER et UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF ; A. PORTAL, *Histoire de l'anatomie et de la chirurgie*, 6 vol., Paris, 1770 ; Th. de BORDEU, *Histoire de la médecine*, in *Œuvres complètes*, t. II, Paris, 1818 ; M. RAYNAUD, *Les médecins au temps de Molière*, Paris, 1863 ; P. PIC, *Guy Patin*, Paris, 1911 ; P. LECÈNE, *L'évolution de la chirurgie*, Paris, 1923 ; F. R. PACKARD, *Guy Patin and the medical profession in Paris in the seventeenth century*, New York, 1925 ; W. PAGEL, *Johannes Baptista van Helmont ; Einführung in die philosophische Medizin des Barocks*, Berlin, 1930 ; L. REUTTER DE ROSEMONT, *Histoire de la pharmacie*, 2 vol., Paris, 1931 ; J. LEVY-VALENSI, *La médecine et les médecins en France au XVII^e siècle*, Paris, 1933 ; E. KREMERs et G. UINDANG, *History of the pharmacy*, Philadelphie, 1940 ; E.-H. GUITARD, *Manuel d'histoire de la littérature pharmaceutique*, Paris, 1942 ; J. GUIART, *Histoire de la médecine française*, Paris, 1947 ; K. DEWHURST, *Dr Thomas Sydenham*, Londres, 1966 ; P. HUARD et M. D. GIMREK, *La chirurgie moderne. Ses débuts en Occident : XVI^e, XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1968.

علم النبات

Botanique : Les ouvrages précédemment cités de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE, GREEN, JESSON, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, REED, SACHS ; F. W. OLIVER, *Makers of british botany*, Cambridge, 1913 ; C. E. RAVEN, *John Ray naturalist*, 2^e éd., Londres, 1950 ; R. HEIM et divers, *Tournefort*, Paris, 1957.

علوم الأرض

Sciences de la Terre : Ouvrages cités de ADAMS, GEYKIE, von GROTH, KOBELL, de MARGERIE, MATHER et MASON, MEUSNIER, ZITTEL ; M. DAURÉE, *Descartes, l'un des créateurs de la cosmologie et de la géologie (Journal des savants, 1880)* ; R. LENOBLE, *La géologie au milieu du XVII^e siècle*, Paris, 1954 ; J. G. GARRET, *The Prodiges of Nicolaus Steno's dissertation...* (Univ. Michigan studies, hum. ser., 1916, vol. XI) ; C. PÉCAUT, *L'œuvre géologique de Leibniz (Rev. gén. des sci., 1951)* ; R. FURON, *La paléontologie*, 2^e éd., Paris, 1951 ; W. N. EDWARDS, *Guide to an exhibition illustrating the early history of palaeontology*, Londres, 1931 ; J. E. HILLER, *Boèce de Boodt, précurseur de la minéralogie moderne (Ann. Guéhard-Séverine, 1935)*.

القسم الثالث :

القرن الثامن عشر

بخلال إقل من قرن، بعد نشر « الماغيت » (المغناطيس) لجليسرت (1600) وحتى نشر « مبادئ » نيوتن (1687)، تغير وجه العلم بشكل عميق حتى أصبح غير معروف، ولكن، بدلاً من قتل الميل نحو البحث، عملت ضخامة التقدم المحقق - وهي تبعث ثقة عظيمة في القيمة التفسيرية وفي القيمة العملية للعلم - من أجل اعمال جديدة: ومن أجل اكتشافات جديدة. فضلاً عن ذلك، كان اتساع المجالات المفتوحة حديثاً أمام العلم، بحيث ظلت قطاعات واسعة إذا لم تكن للكشف ايضاً، فعلى الأقل للاستثمار بشكل منهجي .

ولهذا انفتح القرن 18 ضمن مناخ من التفاؤل . وسرعان ما اخذ اكثر ملوك اوروا يتنافسون في رعاية وفي تأسيس الاكاديميات، متيحين امام العديد من العلماء ، وهم كونيو التوجهات بطبيعتهم، كي يعملوا ضمن مناخ من الطمأنينة النسبية. الا ان العلم ساهم بنشاط في الحركة الفلسفية، ضمن قرن الانوار، وفي الاعداد الفكري « للثورة الفرنسية » . ان العلم، كعامل قوي الاثر في تحرير الفكر، قد بدا ايضاً في نظر الموسوعيين « الأنسيكلوبيديين »، وخلفائهم كعامل قوي من عوامل التقدم الاجتماعي، يتيح اجراء تحسين سريع في ظروف معيشة البشرية .

نظرة طوباوية ولا شك، ولكنها، بالتزاوج مع الاعتبار الموروث عن الاكتشافات الكبرى التي حصلت بخلال القرن السابق، ومع الحركة الضخمة للفضول العلمي الذي سببه انتشار النيوطينية والفيزياء التجريبية، ساهمت في الانتشار الاوسع للعلم، وبالتالي، في تسريع التقدم .

ان المهمة الاساسية للرياضيين في القرن 18 سوف تكون التوضيح والتوسيع والتنسيق، والتطبيق للاكتشافات الحديثة . ان تطور الحساب اللامتناهي الصفر، واستعمال ادوات جديدة: معادلات تفاضلية، معادلات ذات الاشتقاقات الجزئية، حساب التغيرات، الخ كل ذلك اتاح استكمال البناء، بناء الميكانيك السماوي النيوتني، كما اتاح متابعة ترييض الميكانيك، ثم القيام بترييض السمعيات الهيدروديناميك .

وعلى موازاة هذا الجهد النظري، شاهد القرن 18 نهضة فخمة في الاسلوب التجريبي، الذي

وان كان قد رعاه العديد من الفيزيائيين في القرن 17، الا انه عانى من نجاح الديكارتية. وانتشرت « الفيزياء التجريبية » من انكلترا ومن البلدان المنخفضة فعمت مختلف بلدان اوروبا، حيث عرفت انتشاراً غريباً، وتوافق صعود الفيزياء مع النجاح النهائي للنيوتنية وتفوقها على النظام الديكارتى، الذي سقط، منذ زمن بعيد، في الروتين الجامد. ونتجت النجاحات الكبرى المحققة في دراسة الكهرباء والمغناطيسية والحرارة والكيمياء، عن تعايش وتفاعل هذين التيارين تيار التفكير النظري وتيار البحث التجريبي.

في حين ان علوم الارض عاجلت المشاكل الاساسية، بحرية فكرية اكبر، كما عرفت علوم الحياة تقدماً سريعاً بفضل النهج الطبيعي للتصنيف، وبفضل العديد من الدراسات الوصفية وبفضل بحوث الفيزيولوجيا الحيوانية والنباتية، والاهتمام الذي لاقته المسائل الكبرى المتعلقة بنشأة وبخلق الكائنات الحية.

وهكذا، وان بصورة اقل بروزاً ووضوحاً، تابع القرن 18، وعبر طرق اصيلة في اغلب الأحيان، الجهد الضخم الذي قام في القرن السابق، فقدم نتائج عديدة غير معروفة من قبل، وصاغ نظريات خصبة، وفتح أمام البحث آفاقاً جديدة.

قرن الفضول

« القرن الكبير » هو القرن الثامن عشر. هذا ما قصدت . . بهذا الكلام اوضح ميشيلي Michelet تفضيله لعصر مخترع بدلاً من عصر يقتصر على العرض . في فرنسا ، لقد ولى زمن القصائد البأسوية الكاملة ، والجنائن الكاملة ، وأخذت الملكية المطلقة تتجه نحو الانحدار . وجاء وقت المجادلات المتحمسة : في أوروبا أخذ الأمراء يفتشون عن الهامهم في الأفكار بدلاً من المراثي واستمدوا من الفلاسفة ، إن لم يكن خطط العمل ، فعلى الأقل الميل الى التداول والتشاور . وأخذت أوروبا تنظر الى العالم بعين جديدة : لا كخزان للثروات التي يجب الاستيلاء عليها بل كخزان لحضارات يجب فهمها .

حدود القرن - القرن الثامن عشر ؟ انه بالضبط والتمام مئة عام بين 1700 و1800؟ في انكلترا، لقد بدأ باكراً ، وربما منذ ثورة 1688 . وفي روسيا، بدأ متأخراً ، وبدون شك سنة 1763 ، مع مجيء كاترين الكبرى Catherine . وينفس اللعبة ، يمكن تحديد سنة 1740 بالنسبة الى المانيا (او على الأقل فقط بالنسبة الى بروسيا فردريك الثاني Frédéric II) . والعادة جرت اعتبار سنة 1715 فيها خص فرنسا ، وهو تاريخ مقبول . هل اختيار هذه التواريخ هو اختيار عشوائي ؟ ان اي تحليل ، مهما بدا طويلاً وتسند « الوقائع » لا ينجح في تبرير الاختيار .

ان هذا الاختلاف في التواريخ بين الغرب والشرق ، يبدو محسوساً ولكن تصعب برهنته . ان اي فرد كثير المطالعة ، ومتحرر في فكره ، سوف يوافق على هذا التحديد بفارق بسيط لا يتجاوز السنوات القليلة .

لقد استيقظ القرن 18 اولاً في انكلترا ، وفي فرنسا . ولكن ما هو حاله في العالم ؟ لا الصين ولا الهند ، ولا ما تبقى ، في الخراب ، من اميركا الهندية ، ولا افريقيا ، ان ايها لم يشعر اقل شعور بالانتماء الى القرن 18 . ان اميركا الأوروبية فقط ، اعتمدت روزنامة أوروبا وبخاصة الروزنامة الانكليزية . وخارج أوروبا (والاوروبيين) لم تكن الحضارة ذات الاسس العلمية قد ولدت بعد : بل ان احداً لم يشعر بوجودها .

ولانه يجب الكلام عن العلم فقط من اجل تمييز القرن 18 اذا شئنا ان نعثر على شيء افضل من تحكيمية الروزنامة الغريغورية. عصر الانوار ؟ عصر يفتش عن نور جديد ينتظر من « الفكر » ما كان متوقعا ، قبله ، من « النفس » ، عصر انصب على معاداة الدين ، من اجل اعادة بناء الشخص البشري ، بشكل افضل تحت طائلة تحطيم العلاقات التقليدية التي كانت تربط الاحساس والتأمل (من هنا الازمات العنيفة) اللذين يشكل مجموعهما الايمان ، من اجل ربط التجربة والعقل في ضمة سوف تشكل العلم .

ان القبول بهذا التعريف لعصر الانوار يعني القبول بهذا الفارق بين الشرق والغرب والذي يضع الحدود القارية لاوروبا (على اطراف اسيا) على اكثر من خمسين سنة بعداً عن الحدود البحرية لاوروبا ، على شاطئ الاطلسي . وهذا الفارق يعني ايضاً شيئاً ما : ان التقدم يأتي من الاطلسي . لا شك ان القوافل البطيئة في مهوب اسيا الوسطى ، كانت تتجه دائماً من شواطئ هوانغ - هو الى شواطئ البحر الاسود ، قوافل تحاول الانكليز استثمارها عند مرورها . متربصين بها دائماً عند شواطئ بحر الجزر ، بفعل شركتهم المسماة « موسكوفيا » . ولكن هذه القوافل لا تستطيع بنجاح مقاومة قوة التجارة البحرية الانكليزية ، وخاصة الهولندية والفرنسية ، والبرتغالية ايضاً ، التي كانت تتمص عبر المرافئ اشباه الجزر الاسوية الغنية ، واسياد البحر هؤلاء كانوا ايضاً اسياد اميركا .

مصادر الذوق - انه قرن التجارة البحرية العالمية . لا شك ان اوروبا عرفت منذ قرون الكثير من انتاج بقية العالم ، انما على شكل عيّنات ، وكميات صغيرة . اما هذه المرة فكميات البضائع الجديدة ضخمة ، وتدخل بعمق في المدن الداخلية (وبخاصة في غربي اوروبا) لكي تعدل الادواق ، وتستثير الفضول وتفتح روح المغامرة ، وتحمل الخيال نحو الشواطئ الخلاقة . ومن السهل فهم الاهتمام الحاد الذي اتجه نحو الجنينات العلمية النباتية . فالكثير من الانواع غير المعروفة وسعت افق الاحساس بالطبيعة ، او بصورة افضل اعطته حجماً ابعد وعمقاً يضاف الى مساحات المناظر الريفية المعتادة . ولكن الاشربة ايضاً والاطعمة الجديدة ايقظت الشهيات كما انها اغنت خزانة الادوية . واستمتعت العين برؤيات جديدة وبأقمشة وبحاجيات ، واصبحت بدورها اي العين متطلبة .

مطالب جديدة يقتضيها الاحساس ، جعلت انسان القرن الثامن عشر أكثر حساسية وأكثر ابداعاً . وانتقال بضعة ملايين من الناس من حالة الاحساس المتلبد بالاعتقاد الى حالة الحساسية المتزايدة والاكثر حدة ، هذا الانتقال غمى الميل نحو الرفاهية ونحو الراحة . وامام رهاقة الاحساسات ولطفها في القرن الثامن عشر بدت عادات كثيرة كانت سائدة في القرون الماضية اقرب الى البربرية . وكذلك الفكر ترهف مع ترهف الحواس . والشيء الذي كان يرضي اتباع لويس الكبير ، بدا تافهاً او تبجحاً في نظر اتباع لويس الخامس عشر المحبوب وساد في هذا القرن ، القرن الثامن عشر مناخ أقل صرامة وأكثر لطفاً : فساد الشك والمرح والحرية واخذ الانسان يجرب نفسه ويغامر . واخذ يهرب من القواعد ومن الاصول ومن التشريفات ، واتجه نحو الجدة ونحو التجربة ، فوقع غالباً ، وفي اغلب الاحيان في التافه وفي الصعب والخطر ، ولكنه اكتشف التقدم احياناً .

اصول العلم - هنا يكمن ولع هذا العصر. ان اوروبا، ومنذ قرنين توجهت للبحث عن قارات جديدة، واكملت تقريباً اكتشاف الكرة الارضية. والى هذا البحث فوق السطح جاء دور البحث في العمق (رغم ان التوجهين كانا يتعايشان ويدعم احدهما الآخر، الا ان الميل كان يذهب مرة بهذا الاتجاه أو بذاك). اكتشاف في العمق أدى الى نتائج مذهشة في كل مجالات سلم المعرفة.

في القمة : نيوتن Newton، او اذا فضلنا اسم الشيء على اسم الانسان، مكانة الكرة الارضية في الكون. هنا انفتح القرن الثامن عشر، في انكلترا على احدى هذه العجائب العلمية التي عددها قليل في تاريخ البشرية. وتدل اعرق المستندات على الجذب الذي مارسه القبة السماوية على خيالات الناس. في القرن السادس عشر تراكمت، بفضل كوبرنيك Copernic ونيكوبراهي Tycho Brahé، وفي بداية القرن السابع عشر، مع كيبلر Kepler وغاليلي Galilée، تراكمت المذكرات والملاحظات التي تتزايد دقتها، بفضل هذا الفضول العلمي. اية غزارة. ولكن ايضاً توافق نضج الازمنة بفضل تراكم الجهود واندماجها، جهود من آلاف مؤلفة. وعلى نيوتن Newton هبط الحظ والشرف في كشف الصيغة الوحيدة. وزيادة على ذلك، ومن اجل هذا الاكتشاف، واستثماره، حقق نيوتن وسائل مذهشة في الحساب جعله يستخدم في حقل اوسع بكثير من حقل علم الفلك.

وتجاوزت اهمية نيوتن الدور الحاسم لاكتشافاته الفلكية والرياضية. ان اختصار العالم بصيغة واحدة (اذ هكذا فسرت العقول النيرة كتاب نيوتن المبادئ) اسكر المفكرين بالامل، وجعل الثنائيين لا يهدأون. وبعد فونتينيل Fontenelle اخذ كبار وصغار المعلمين في فرنسا وفي اوروبا يكتبون، خيراً أو شراً، عن الامكانيات التي لا حد لها، امكانيات الفكر البشري. وبعدها اصبحت الجرأة والطموح لا حدود لها.

الاداب والعلم - ان البحث والانشاء قد تشجعا، ليس من اعلى فقط، بل ايضاً بفضل العديد من التفاصيل الصغيرة في الحياة اليومية التي تغذي التجربة البشرية وتطرح اسئلة لا نهاية لها على الحرفيين، الذين دفعوا لكي يصبحوا مبتكرين ومخترعين. ان بناء البيوت وتنظيم المدن وابتكار الاثاث، والمطبخ، والثياب، كل شيء يبحث عن التقدم، اي عن تكييف افضل مع حاجات الانسان، انه بحث عن ما سوف يسمى بكلمة انكليزية الرفاه. هذه هي البيوت تصبح منظمة تبعاً للمفيد اكثر مما هي من اجل الالفة. واضيئت الشوارع ونظفت، وانشئت الارصفة من اجل المشاة، وبنيت في آخر القرن بعض قنوات للمياه الجارية. وهذه هي الاثاثات المنزلية تفقد رسميتها لتصبح اكثر راحة (وقد سادت الكلمة في مصانع الابنوس) واصبحت المقاعد بشكل يلائم شكل الاجسام الجالسة. والكل رتب في غرف افضل اضاءة وافضل حماية وفضل ترتيباً. وبدلاً من الذهب والرخام، وهي مواد قاسية فضلت التحف المشغولة بدقة حيث تراكم عجائب العبقريّة. وفي آخر القرن جاء دور الالات الاوتوماتيكية. واضيفت الى الاقمشة الحربية الموشاة بخيوط الذهب القطنيات المطبوعة. وفي كل ضواحي المدن في اوروبا تصور الحرفيون وجربوا وكيّفوا معداتهم، وفتشوا عن مواد جديدة تتلاءم

أكثر مع متطلبات الموضة الجديدة. وكذلك الطباقون كانوا أحياناً عالِمين بالنبات وكانوا يتطلعون أيضاً إلى الصيدلة .

ولكن هذا ليس من أجل إرجاع التجارة إلى العادات الطبية التي كانت تجعل من تاجر الأفاوية ، بائع خرضوات ، وبائع غرائب الغرائب المكلفة ، أو أكسير إطالة العمر . بل بالعكس من أجل إدخال التغيير على نمط الحياة ، تغيير يعد المكان لثورة في فن العناية ؛ إلى هذا كان التطلع .

إن الكثير من العناصر المستعملة في الصيدلة : مثل القرفة والزنجبيل وغيرهما من المستحضرات البعيدة المكلفة والنادرة ، والتي أصبحت سهلة التناول فجأة ، مثل الكحول أيضاً والذي سمي شعبياً بماء الحياة ، كل هذه الأشياء أصبحت من التوابل ، أو من المتممات العادية ، لطعام أقل غزارة ولكنه أكثر تنوعاً ، وأقل ازدحاماً . وكان على الأطباء أن يصنحوا شيئاً آخر غير رعاية الحماية والنظام في الطعام . أن معالجتهم لن تقتصر بعد الآن على رعاية الإخلاق والامزجة . وقد وضع التشريع بفضل الجراحة الضوء على الأهمية الخاصة للأعضاء ، كما فتح السبل أمام كلود برنار Claude Bernard وامثاله . وهذا في زمن سرع فيه اللقاح اكتشافات باستور Pasteur ، قبل أن يدرك سر نجاحه .

وليس هذا كل شيء لقد امتد الإصلاح في فن الطبخ فشمّل البعد النباتي ، وبصورة خاصة الحيواني ؛ فدخلت في لائحة الأطعمة للحموم « الضخمة » التي ظلت تعتبر حتى ذلك الحين اطعمة مبتذلة ، وهذا أدى إلى معرفة أفضل في تشريح الحيوانات ، وإلى تجربة جديدة في تربيتها .

وتدلنا زيارة أي فندق صغير خاص في القرن الثامن عشر على زينات خشية لطيفة ، وعلى أقفال مضبوطة ، وعلى زينات من الزهور والاثمار والحيوانات ، وعلى مناظر ريفية (وكل ذلك مرسوم أو منجّد) ، وكل ذلك على نمط بوفون Buffon . وبوفون من مونبار : نجار وحداد ، ومدقق في الكائنات الحية ومهندس زراعي وخير أيضاً .

هذا القرن أعطى أدباً غزيراً حول طبيعة النار . وتمت العودة إلى أرسطو قبل التحمس من أجل تجارب فرانكلين Franklin حول الصاعقة . وكان فولتير Voltaire ، (ومدام شاتليه Mme du Châtelet) يراقبان في مختبرهما المجهز حسب موضة العصر . وفي كل هذه التجارب خرجت الكيمياء الحديثة بفضل جهود لافوازييه Lavoisier . ولم يقتصر الأمر على الأبحاث النظرية التي قام بها عليّة القوم ، بل بذلت جهود من قبل الصناع والحرفيين لإقامة مدافئ تدفئ جيداً . ولكن هذا الانجاز القوي لم يكن سهل التحقيق . فقد جهد القوم في كيفية معالجته ، وفي السنة 1720 قامت تقنية (أو علم حسب نمط العصر ؟) هو علم الكامينولوجيا . فقد كان من الواجب دراسة انعكاسات الأشعة الحرارية على القرميد أو الرخام ، وكان من الواجب درس المجاري من أجل الحصول على دفع للهواء المساعد .

فلم يكتف بقياس قوة تصاعد الهواء الحار بسبب خفته ، بل درست أيضاً الضغوطات التي تتزايد بتزايد الحرارة . وحول الاشتعال قدرت العلاقة بين الجسم المحروق والهواء الذي يرفع اللهب .

وهكذا تجمع حول ركن النار عدة علوم نشأت من الاهتمامات السائدة في ذلك العصر وكلها من أجل الرفاه في المعيشة. عدة علوم ؟ : قياس الحرارة ، ميزان الهواء ، ديناميك الغازات ، وأكثر من ذلك الكيمياء التي انطلقت من ملاحظة الاشتعال .

ان عمل لافوازيه ، هو ابن العصر الغني ، ابن العصر الذي يريد ان يعيش حياة رفاه ويريد التمتع بالحياة ، والتنعيم بكل لذائذ الحياة في اوروبا ، انه ابن العصر الذي ضل ، في « العلاقات الخطرة » الا انه بذل ايضاً التقدم في ارض اوروبا .

وادي السعي وراء الرفاه الى اكتشافات علمية ، او على الاقل ، خلق مناخاً ماعد على هذه الاكتشافات . كما ساعد بصورة اولى في البحث عن الجماليات الجديدة . واكتشف هذا القرن المعادلات الرياضية المتعلقة بظواهر ذبذبة الأوتار والانابيب الصوتية . وهو ايضاً القرن الذي اوصل فيه موزارت Mozart الموسيقى لكي تعي تنوع الجرس . فلم تبلغ الدراسات النظرية للسلم وللقواعد الموسيقية في وقت من الاوقات مثل هذا التعادل ، وخاصة انه حصل لدى مفكرين لا صلة بينهم ولا يقرأ احدهم الآخر . حب الرفاه ، والابهة ، والفنون ، كلها كانت محركات ودوافع للفكر على الابداع .

العلم والمجتمع - وبالمقابل ، كان الابتكار قوياً الى درجة لم يكن الا ليؤثر بدوره في المجتمع الذي يقوم به . ان معرفة افضل بالساء شجعت البحارة ، وبذات الوقت حملتهم على الاتيان باعمال شجاعة جديدة : ملاحظات يجب تحقيقها في البحار البعيدة ، حسابات خطوط الطول ، لقد كان علم الفلك على رأس التجارة البحرية وفي خدمة احتلال « الارض » من قبل الاوروبي الذي ابتدعه . وبصورة اكثر تواضعاً ، كم من التفصيلات الساذجة في الرياضيات او في الفيزياء ، كانت في اساس الالعب والتحف الشائعة التي كان البعض يجمعونها في مكاتب ثمينة ارواء للفضول ، ويجعلونها شبه مختبرات ، تمارس ، في كل الاحوال ، على الذوق تأثيراً قوياً كالتأثير الذي سبق ولا حظناه والذي احدثته الثوارخ الطبيعية على التزيين : ان العلوم هي في اساس الموضة . وبالطبع ، اذا كانت العلوم ، في القرن السابع عشر ، نظرية اكثر مما هي عملية ، اما في القرن الثامن عشر ، فالعلوم تتضمن العديد من التطبيقات العملية . لقد سبق وأشرنا الى التطورات في صناعة الآلات الموسيقية (وقد بذلت جهود خاصة من أجل تحسين الكلافسان [معزف قيثاري] ومن أجل وضع البيانو القوي) . وفي العديد من مجالات الحرفيات أمكن الأخذ عن العلوم الجديدة : الصباغة ، التبييض ، الخيوط والنسج ... الهيدروليك ، والآلات الحرارية ... لا شك أن العلوم كانت في طليعة التقدم الصناعي .

وفيما خص هذا المظهر الأخير الذي هو مألوف لدينا اليوم ، من المهم أن نشير الى أن تأثير العلوم في « صناعة » القرن 18 ، لم يكن ، في اغلب الاحيان ، من فعل اعتماد اسلوب مختبري ناجز ومباشر ، في عملية الصنع (لا شك ان ذاك كان يمكن ان يحدث : صناعة ماء الكلور في معمل جانفيل) ، ولكن ، بشكل اعم ، ان الامر يتعلق بتأثير عام جعل من بعض الحرفيين النخبة ، مجربين عارفين . بين هذا الشكل العالي من الحرفية وبين رجل العلم (الم يسمى في فرنسا ايضاً بالفيلسوف ؟) ، لم يكن هناك

من فرق في الطبيعة. لا شك ان علم الفلك والرياضيات كان لهما من الماضي ذخيرة غنية جداً يستطيع ذوو الكفاءة ان يغرفوا منها. ولكن في الفيزياء والكيمياء وحتى في الطب كان الهاري المتنور او الحرقي البارع اكثر فعالية من المتحذلق، الكثير الاستشهاد بالاعلام، والكثير المطالعة للهديان الذي مضى عليه الزمن.

ولكن العلاقات بين العلم والمجتمع، بشكل خاص، تغيرت بصورة جذرية، ورسم التغير الاجتماعي، مسبقاً، ما سيكون عليه حال المجتمع العلمي، كلما تجلّى في النظرية الاقتصادية. ان الليبرالية الاقتصادية، التي ابرزها آدم سميث Adam Smith، هي اكثر من مجمل من الافكار حول القانون الطبيعي الذي يتحكم بالطرف البشري، انها مظهر معاش لفرضية سامية تتناول كيفية تصرف الطبيعة باكملها. انها تجعل من الفرد كياناً متماسكاً واناسياً، كياناً مصيره الاستقرار ان هو لم يجذبه جاذب الكسب والاستفادة الى نشاطات تترجم نتيجهتها الاجمالية بعبارات الاحتمالات ويقوانين الاحصاء. ان رؤية نوع من التصور الذري للكون موجودة بشكل غامض في فكر اولئك الذين يلاحظون طريقة سلوك الناس في اوروبا.

فخلال الالف السنين انتجت البشرية العلم على انه ترف قلماً يغير ظروف حياة الغالبية من الناس. في القرن التاسع عشر، اخذ العلم يصيب كل الناس. في القرن 18، اعد التحول الاجتماعي هذا الانتقال الاساسي، وذلك عندما كشف اي التحول عن صورة له شبيهة بالصورة التي سوف يكونها الناس عن الطبيعة كلها.

اننا ما نزال لا نعرف تماماً كيف ان تطور العمل الدماغي قد توصل ثم تجاوز هذه المرحلة التي توافقت فيها التجربة مع التحليل العقلي لكي يعطيا للعمل الفكري كامل فعاليته العملية. ولكنه من المقرر الثابت، انه توجّه لحظة في المراهقة الفردية يستطيع فيها العقل ان يحقق الكثير من النتائج السريعة التي كانت تعتمل، في الطفولة، بشكل تلمس غريزي، وكذلك اصبحت البشرية الأوروبية راشدة في القرن 18، وهذا هو السر الحقيقي لثورتها العلمية.

ولكن ماذا يعني سن الرشد بالنسبة الى المجموعة؟ ان ذلك لا يعني انها تتمكن من انتاج مفكرين مبدعين: فهم دائماً كذلك. بل انه يعني انها انتجت وتنتج - ما دامت قد اغتنت بهم وطالما ان نظامها الخاص اصبح قريباً من نظام التفكير - عدداً كبيراً من العلماء يكفي لتكوين الكتلة اللازمة التي تجعل التطور الفكري الجماعي يتحول من عصر الى عصر، من عصر ما قبل العلم الى العصر العلمي.

وعلى هذا يعبر فضول العصر واتجاهه نحو ما يغيره عن نقلة في التطور الفكري الجماعي.

الثريّة العلمية - وهنا يبرز موضوع جديد هو موضوع التصاعد الاجتماعي. كان ستندال Stendhal بإمكانه ايضاً الظن بان الاحمر والاسود، اي السلاح والكهنوت كانا الوسيلة الاضمن لشق الطريق في المجتمع، على الاقل بالنسبة الى الذين لم يولدوا في المراكز والبيئات العالية؟

وعلى كل حال بعد اقل من قرن، أصبح بالامكان شق الطريق بواسطة المؤسسة الحرة، ثم عن طريق المدرسة، وعن طريق التفوق في الامتحان والنجاح العلمي، بشكل نبيل لا يحتاج الى مال. ولكن ما كان قد أصبح في المكتسبات، حوالي سنة 1880، كان قد اخذ يرسم في القرن الثامن عشر تقريباً.

واصبح (ارويه) Arouet، فولتير Voltaire بفضل قلمه: وهذا لم يكن بالامر الجديد. وجان لورون Jean le Rond، أصبح دالمير بفضل عبقرية (وبفضل نفوذ سري)، وهذا امر اكثر غرابة. ولكن الشيء الذي ميز هذا القرن هو صعود ميلالات من العلماء امثال آل برنولي Bernoulli.

ولكن كيف يصبح المرء عالماً في هذا القرن قرن الانوار؟ لم تكن الدروس مجانية الا نادراً، والمدارس كانت قليلة، والجامعات لم تكن كما نعهدها اليوم، والثقافة الفضلى، والتي نسميها اليوم عالية كانت تحصل بالمطالعة، او بفضل الاعتماد على معلم. كما حصل لابلاس Laplace حين احتضنه دالمير d'Alembert. ان هذا التنبؤ هو اسلوب عائلي تقريباً، في ثقافة ظلت فردانية شخصية، غالباً ما ترتبط بالمصادفة، كما انها كانت موزعة بشكل غير عادل. فحظ الفلاح منها كان معدوماً. اما حظ القروي فضيل. واما حظ صاحب الدكان فمحتمل، وان كان ممكناً بحيث يستطيع هذا الاخير ان ينافس احياناً، في مجال الثقافة ابن الغني او ابن النبل، صاحب المعلم الخصوصي، الذي يستطيع التردد على الصالونات الادبية والاستماع في اللواتم او القيام بها.

ولكن اخيراً كان العلم مشرفاً، وحياناً كان لقاء اجر. منذ قرن مضى كان العلم يتداول بالرسائل بين الاصدقاء الذين يعيش كل منهم من ماله الخاص او بمعونته من قبل كنيسة. اما في القرن الثامن عشر فقد اخذ العلم يصبح موضوع مهنة: واصبح العالم قادراً ان يعيش من فكره ومن قلمه. والقيمون على الجئان لم يكن يطلب منهم برعاية جمال النباتات فقط بل دراستها، واصبح الغراس قادرين على الاكتشاف. واصبحت مدام بونبادور Pompadour تهتم بالصناع المهرة كما تهتم بالعلماء والفنانين او الكتاب. والصناع المحظوظون هم اولئك الطليعيون الاصلاء، في اجيال عديدة عملت للعلم التجريبي. في القرن الماضي كان المصورون يدفعون للرسميين المهرة او للرياضيين كي يرسموا لهم على لوحاتهم صوراً هندسية يمكن ان تكون هياكل لأشكال أو ألوان. في القرن الثامن عشر، انتقل هذا الذوق الى التلوين، ولكن الرياضيات انتشرت في الصناعة وحتى في التجارة. وتم اختراع الموازين. وانصب التفكير على مستنات الآلات، واخذوا يفكرون في المخاطر وتأمينها، لان الاهتمام انصب على التطورات الديموغرافية السكانية.

تحديث العصر - اذا كان المجتمع الحديث يتحولنا اكثر ميلاً الى التقنية والى الحساب، واذا كانت الخطة المرقمة تبدو ضرورة، على صعيد الدولة، وعلى صعيد المشروع حتى الصغير اذا اراد ان ينجح، فان نشأة هذا المجتمع الحسابي، الا يمكن ان تعزي الى فوبان Vauban [1633 - 1707]؟.

ففي «ألعر الملكى»، اراد به تطوير الدولة في مجملها، واحصاء عدد الرعية، وتوزيعها الى

طبقات ثم تتبع تطور الثروات. وهكذا بدأ القرن الثامن عشر برجل وبعمل يدل على انطلاقه من اجراء التوجهات في ادارة الاقتصاد وفي ادارة المجتمع كما يقدمه لنا العالم المعاصر.

لا شك ان « العشر الملكي » ، الذي قال به فوبان Vauban ظل غير مفهوم في عصره، وغير مفهوم حتى بعد قرنين، لان الليبراليين لم يروا فيه الا رغبة في المساواة الاجتماعية (لا ارادة في الحساب والتوقعات). رغبة كانت تهز عاطفتهم من اجل انتصار البرجوازية، وهذا امر قلما كان بفكر صاحب المشروع او قلما كان من مقترحات الكتاب. ان فوبان Vauban هو اقرب لان يكون جد الحسابيين المعاصرين الذين يحسبون الدخل القومي. ويجتمع القرن الثامن عشر لم يكن مهياً للجهد بمثل هذه الفريدة، الا ان رجلاً عبقرياً استطاع ان يكتشف ان التطور الاجتماعي يتجه ناحية بنية قائمة على الحساب والعدد.

ولم تعد الصالونات وحدها وكذلك الفنون الجميلة، والرشاء والابهة والفضول، والذوق، في القرن الثامن عشر هي دعائم التقدم العلمي. ان التقدم الاجتماعي باكماله هو الذي يتحرك باتجاه العلم. فهل كان في القرون الماضية مثل هذه العلاقة الوثيقة بين العلم والمجتمع؟ ان ذلك قليل الاحتمال. ان المكتسبات العلمية البطيئة والمخاطرة كانت تتراكم ببطء وبغير انتظام، وكانت احيانا تلتف تحت ضربات الحظ. وتالت المجتمعات، وفي اغلب الاحيان كانت تهزها المصائب والكوارث التي تبطل الحضارات بحركتها المستمرة. وانطلاقاً من القرن الثامن عشر أصبح العلم مرتبطاً بسعادة الشعوب، وأصبح مصير الحضارات يتقرر في المختبرات.

عصر أوروبا - قلما تكلمنا الا عن أوروبا. فهل يجب الكلام عن القارات الاخرى؟ ان البعثات التي ذهبت لتقيس خطوط الهجرة ومراقبة ورصد النجوم في اميركا، وقيام اليسوعيين بادارة « المحكمة » محكمة الرياضيات في الصين، هذان الحدثان هما عمل اوروبي لا اميركي ولا صيني، ولكن هذا بالضبط هو المهم: ان القرن الثامن عشر هو قرن أوروبا. وهو اوروبي اكثر من اي قرن آخر.

من المستحيل انكار الدور الضخم الذي لعبته القارة الاسيوية في تطوير أوروبا وغوها قبل المسيح وفي الحقبة التي اصطلح على تسميتها بالقرن الوسطي. فقوافل آسيا الجنوبية، والسفن العربية في المحيط الهندي كانت تجلب، على مستويات الشرق الروائع التي اعتنت منها البندقية، وانهزت بها أوروبا. كما اهتمت ايطاليا بذات الوقت، ثم بلدان الشمال الاوروبي بدراسة الكثير من هذه الأشياء المدهشة، والمستندات التي تغير المفاهيم. لقد استطاعت أوروبا، بحسن معرفتها الاستفادة، من العبقريات التي اناجبتها اقدم الحضارات في العالم، ان تستولي على اميركا التي اغتتها بدورها، واكملت ثقافتها من القرن الخامس عشر الى القرن السابع عشر.

ولكن القرن الثامن عشر يعتبر بحق البداية الباهرة لسيادة أوروبا في مملكة الفكر. وبعد قرن من الزمن فجرت الولايات المتحدة واسيا الروسية هذا الامتياز الملكي لأوروبا. في القرن الثامن عشر، مهما

كان اعجاب الانسان الاوروبي المثقف بالصيني المتحضر او بالهندي الاحمر المتوحش الطيب ، فانه اي هذا الاوروبي كان يعرف ان ثقافته ، وان تغذت بكل الثقافات الاخرى ، هي السيدة عليها جميعاً . واذا كان من الممكن الكلام عن مشاركة في الثقافة أو في الأذواق والألوان ، فإن تفوق أوروبا في العلم لا جدال فيه ولا نقاش .

ذلك هو اذاً معنى القرن الثامن عشر ، حيث نجد ، بعد هذا التقديم القصير ، الصورة التي ابتدأنا بها : ان أوروبا بعد ان استولت على العالم ، اوجدت رهاقة في الحضارة ، تحمل في ذاتها خيرة التقدم . ان هذا التقدم ليس تقدم الفكر فقط ، بل تقدم متطلبات الرفاه والاهية وكذلك تقدم العقل .

كل هذه الاحتياجات والرغبات والاماني والبحوث اجتمعت في قلب العلم . والعلم بدوره غذى الرفاه والاهية والعقل ايضاً . وفي هذه الحركة التبادلية الدائمة بين جسد الانسان وفكره يكمن المحرك من اجل تقدم جديد اجتماعي اداته الاساسية الاولى هي التربية والثقيف . هذا التقدم في الاداب وفي العلوم وفي المجتمع وفي التربية ، والذي اخذته أوروبا عن العالم ، اخذت تقدمه للعالم .

الكتاب الأول :
العلوم النظرية

الفصل الأول :

ازدهار التحليل وتجديد الهندسة

انه حقبة تنسيق وإنجاز وتنمية وتطبيق ، ذلك هو القرن 18 . ويندأ بالانتاج المسرف ، الناتج عن المزاخمة الشديدة التي قامت بين المدرسة البريطانية النيوتنية ، وبين تلامذة لينيز من سكان القارة الأوروبية . وبلغ القرن ذروته مع إنتاج أولر Euler والمبير d'Alembert . وأوائل أعمال لاغرانج ، وانتهى مع الثورة الفرنسية ونشر الكتب الكبرى لمدرسة باريس : لاغرانج Lagrange لابلاس Laplace ، مونج Monge ، ليجاندر Legendre ولاكروا Lacroix .

المدرسة البريطانية والمدارس القارية . ساد نيوتن Newton وتلامذته في بريطانيا في مطلع القرن : وازدهرت المراكز التعليمية والبحوث في كمبريدج ، وأكسفورد ، ولندن ، وغلاسكو ، وادنبره ، بقيادة نيوتن نفسه ثم رن Wren ثم هالي ، وكذلك أيضاً بفضل الجيل اللاحق الممتاز ، جيل دافيد غرينوري ، وإبراهيم موار ، وروجر كوت ، ونقولا سوندرسن ، وبيروك تايلور ، وروبير سمسون ، وجيمس سترلن . ولكن خصوص هذا القرن والتقيد بالتراث النيوتني ، سوف يحمل المدرسة البريطانية إلى الزوال ، ذلك ان هذه المدرسة فقدت كل حيوية في النصف الثاني من القرن .

وفي القارة الأوروبية ، حصل عكس ذلك ، فقد خلف عصر الأنوار العديد من الأعمال القيمة التي تتالت بوتيرة سريعة ، هذه الأعمال التي طورت المكتسبات الكبرى التي حصلت في القرن السابق ، كما وسعت بشكل ضخم مجال عمل الرياضيات وفعاليتها . وفي القسم الأخير من القرن السابع عشر ، وفي مطلع القرن الثامن عشر حمل المشعل ليبنيز Leibniz وتلامذته الأولون والأخوان جان وجاك برنولي Jean et Jacques Bernoulli من مدينة « بال » والفرنسي غليوم دي لوبيتال Guillaume de L'Hopital .

وتجمعت المدرسة الفرنسية حول الاكاديمية الملكية للعلوم ، ولم تعرف في بادئ الامر شهرة واسعة . ولكنها أخذت تبرز بحق مع جيل مويرتوي Maupertuis ، وكليرو Clairaut ، والمبير ، الذي كرس انتصارات الفيزياء النيوتونية والحساب الليبنيزي Leibnizien بشكل متوازن . ويتأثر بالمبير والانيسكولوبديا ، اتجهت المدرسة الفرنسية أكثر فأكثر وضوحاً نحو حزب الفلاسفة . والمقام الضخم

الذي اكتسبه في آخر القرن قام على التوافق الاستثنائي بين شخصيات بارزة جداً مثل لا غرانج ، ولا بلاس ، وليجاندر ، ومونج ، وبين استعمال اللغة الفرنسية بشكل شائع جداً من قبل كل الرياضيين في القارة ، ثم انتشار عقائد الايمان بالتقدم الاجتماعي والإصلاح السياسي انتشاراً واسعاً جداً . وقد عوض النقص البارز في التعليم العلمي في الجامعات الفرنسية ، تعويضاً جزئياً ، في النصف الثاني من القرن ، بإنشاء المدارس العسكرية والتقنية ذات المستوى العالي .

كما ان الحياة العلمية الفرنسية قد بعثت فيها الحياة بفضل المنافسة الخلاقة . التي اقامتها الأكاديميات الريفية العديدة ، ويشكل خاص الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس ، والتي كانت مسابقاتها السنوية ، تنافسها اعظم العلماء من أوروبا كلها ، وهو أمر بدا في تلك الحقبة من الحكم الاستبدادي المستركمثل وكنموذج سعى الملوك على اختلافهم إلى تقليده .

وهذا الشأن ، وعلى موازاة البعثات الجغرافية والفلكية ، التي موها الملوك ، قام العديد من هؤلاء يشجعون تأسيس الأكاديميات الوطنية ومراكز البحوث والتعليم ، المزودة بالمجلات العلمية الأنيقة التي مكنت العلماء من العمل ضمن ظروف مادية ملائمة نسبياً . وكان هذا شأن بروسيا مثلاً حيث جهد الملك فريدريك الثاني ، منذ تبوئه العرش 1740 ، ان يبعث الحياة في أكاديمية برلين التي أسست على يد ليبنيز سنة 1700 ، ولكنها حتى ذلك التاريخ لم تكن تزال إلا نشاطاً ضئيلاً . ونجح في استجلاب موبرتوي وأولر (من 1741 إلى 1766) ، ولا غرانج (من 1766 إلى 1787) . ولامبير Lambert (من 1765 إلى 1777) ، الخ ، وبفضل هذه السياسة القائمة على استيراد العقريات عرفت أكاديمية برلين حقبة من الازدهار توقفت بموت فريدريك الثاني سنة 1786 . إلا أن إنشاء جامعة حديثة في غوتينجن سنة 1737 أعطى المانيا الشروط لتجديد أصيل برز بيهاء في أواخر القرن بفضل أعمال غوس Gauss الأولى .

وفي روسيا أنشأ بطرس الأكبر أكاديمية سان بطرس برج (1724) واستجلب لها العديد من علماء بال ، ودانيل ونقولا برنولي ، وج . هيرمن ، وانضم إليها أولر سنة (1727) . وبقي الرياضي الكبير في سان بطرس برج حتى سنة (1741) ثم عاد إليها أيام كاترين الثانية وبقي فيها من 1766 حتى وفاته 1783 ، مساهماً في خلق مركز فكري لامع وجديد .

وعرفت البلدان الأخرى من أوروبا نشاطاً علمياً أقل .

ورغم المقام الجدير الذي نالته جامعات البلدان المنخفضة ، لم يهتم هذا البلد إلا بالعلوم التجريبية متخلياً عن البحث النظري ، أما سويسرا فعرفت مركزين شهيرين : جنيف وبال ، وخاصة بال التي كانت مربية العلماء الذين ، من أشال برنولي وهيرمن وأولر الخ ، آمنوا أنجلة الرياضيات في قسم من أوروبا . واحتفظت إيطاليا بتعليم ذي قيمة ولكن رغم النبوغ ، قصر علماءها من أشال ميشال مانفريد Michell Manfredi ، وآل ريكاتي Les Riccati ، وغودو غراندي Guido Grandi ، ومالفاتي Malfatti ، وحتى فاكنانو Fagnano وروفييني Ruffini ، et

كل هؤلاء قصرُوا عن إدراك مستوى سابقهم من القرن العظيم . نشير إلى ان إيطاليا عرفت أول أستاذة جامعية في الرياضيات ، هي ماريا غاتانا أغنيزي Maria Gaetana (1718 — 1799) وألفت هذه كتاباً مشهوراً في الحساب اللامتناهي الصغر ترجم إلى الفرنسية وإلى الانكليزية ، وتبعت اسبانيا والبرتغال والدول الاسكاندينافية ودول أوروبا الوسطى ، مسار التقدم . إلا أنها لم تساهم بشكل فعال .

الموقف الاجتماعي ونشاطات العالم الرياضي : في حين عرف القرن السابع عشر نجاح العديد من الرياضيين الهواة ، اقتصر ما قدمه القرن الثامن عشر على اعمال العلماء المتخصصين ، كإساقفة الجامعات البريطانية والاطالية والسويسرية ، وأعضاء الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس ، والرياضيين الجوالين الذين جذبتهم برلين وسان بطرس برغ بفعل سياسة الأبهة التي اتبعها الملوك المنترون .

ولم يقتصر الرياضيون في القرن الثامن عشر ، متجاوزين بذلك القرن الماضي ، على البحث النظري فقط . كان أولر يهتم أيضاً بالموسيقى مثل اهتمامه بالبصريات ونظرية السفينة . ودالمير كان فيلسوفاً وأديباً واعتنى بالموسيقى والميكانيك التطبيقي ويعلم الفلك وشارك مشاركة مهمة في صياغة الانسيكلوبيديا . أما لابلاس الذي كان يقوم بأن واحد ببحوث في الرياضيات الخالصة ، والميكانيك السماوي ، وبحساب الاحتمالات ، فمع ذلك حرر مع لافوازيه Lavoisier ، مذكرة اساسية حول نظرية الحرارة . إن عصر الأنوار هو بذات الوقت عصر الانسيكلوبيديا . وإذا كان بوفون Buffon ، وريومور Réaumur ، قد بدأ حياتها بأعمال في الرياضيات ، فإن الرياضيين أمثال مونج وليجاندر ومسنيه ولابلاس ، قد وقعوا في سنة 1785 المحضر العائد إلى تجربة لافوازيه بشأن تركيب الماء . إنها مسألة ذوق ، ربما ، ولكنها أيضاً ، مقتضيات العمل الأكاديمي الذي يوجب العمل المشترك ، وتوجه عملي من توجهات المسابقات التي كانت تحدث كثيراً وكانت مرغوبة جداً ، وكانت تنظمها الأكاديميات الرئيسية .

هذا الاستعراض الشامل والموجز ينير قليلاً العرض الذي يتناول المساهمات الرئيسية خلال القرن الثامن عشر ، في مجال الرياضيات . وهذه الدراسة ، التقنية بحكم الضرورة ، سوف تقتصر مع ذلك على المراحل الأساسية وعلى المساهمات الأكثر أهمية ، وسوف نجربنا الصعوبة المتزايدة في المواضيع المدروسة على اختصار الشروحات الدقيقة جداً ، وعلى الانتقاء القاسي . إن التصنيف بحسب المواد ، والضروري لفهم تقدم كل فرع ، يجب ان لا ينسنا على كل حال ، بأن أكثر الرياضيين في القرن الثامن عشر كانوا يستطيعون الاهتمام بمجمل حقولهم .

I - تطور التحليل اللامتناهي الصغر

1 . التلامذة المباشرون عند ليبنيذ ونوتن Leibniz-Newton

بدايات الحساب الجديد فوق القارة الأوروبية - ان أول مذكرة خصصها ليبنيذ للحساب الجديد

نشرت سنة 1684 في : «اكتا ايريدو تورم» في ليبزيغ . وقد مرت غير ملحوظة إلا من قبل الألماني ي. و. فون تشيرنوس، E.W. Von tschirnhaus، الذي صحح فيها بعض الاغلاط، ومن قبل بريطانيين ج. وليس J.Wallis وج. كريغ J.Craig وعين جاك برنولي Jacques Bernoulli أستاذاً في جامعة بال سنة 1687، فخصص في حسابات ليبزيغ وأصبح داعية ناشطة لها . وفي سنة 1690، علم أخاه جان علمها . وتولى هذا بدوره، أثناء إقامته في باريس في سنة 1690 - 1691 التعريف بالمناهج الليبنيزية في محيط مالبرنش Malebranche، ثم تولى فيها بعد اعطاء الدروس للمشاركين دي لوبيتال وحرز باسمه كتاباً في الحساب التفاضلي والتكاملي استعمل القسم الاول منه كأساس « لتحليل المتناهيات الصغر » الذي وضعه ج. دي لوبيتال .

وسرعان ما فهم التلامذة الأولون لليبزيغ كتابه : «اكتا ايريدو تورم» حيث نشر ليبزيغ القسم الأكبر من مذكراته . وحاول هؤلاء التلامذة ، وقد تحمسوا وأخذوا بقوة الحساب الجديد ، ان يطوروا مبادئه وأساليبه ، وان يحلوا العديد من المسائل التطبيقية التي تعرض عليهم . ولكن جو المنافسة الشريفة الذي كان سائداً في البداية ، تحول بصورة تدريجية نحو مناخ من المزاحمة المرة ، فحاول كل منهم أن يحل كل المسائل المعروضة وان ينشر مسائل جديدة من شأنها أن تعجز العلماء الآخرين .

إلا أن العديد من النتائج قد حصل ، وهذه المسائل ، وإن لم تكن منظمة ، ساعدت في توسيع النقاش وفي تسريع سير التقدم . وسرعان ما فتحت « جريدة العلماء » في باريس ، منبرها لتلامذة ليبزيغ . في حين ، في انكلترا اتاحت « المبادلات الفلسفية » لتلامذة نيوتن ، وقد أثارت حميتهم نجاحات الجيومترين في القارة الأوروبية ، السبيل إلى التدخل في المناقشات .

وحل جاك برنولي ، الذي عالج ، منذ 1689 ، مسائل مهمة حول السلسلات ، حل في السنة التالية مسألة الخط المتساوي الدعومة Isochrone الذي وضعه ليبزيغ سنة 1686 . وبذات الوقت اقترح البحث في التسلسلية ، وهي مسألة حلها هويجن وليبزيغ وجان برنولي ، قبل ان يوسعها هو نفسه لتشمل حالة المنحني غير المتناسق، ثم شكل الشراع القابل للانطواء والمنفوخ من قبل الهواء . وفي سنة 1619 بينما كان ليبزيغ ينشر دراسة تدريب المخروطات ، حدد جاك برنولي ممارسات الخطوط الحلزونية البيضاوية واللوغاريتمية ، وكذلك . المعامسات . ذات السير المنحرف ، وحقق تربيع وتصويب هذه المنحنيات . وفي هذه السنة بالذات حدد جان برنولي المعامسات والمنحنيات ، وأشعة منحنيات العديد من السطوح المعوجة ، وقدم أحد أول الأمثلة في استعمال الاجداثيات (Coordonées) القطبية (التي سبق لنيوتن ان ادخلها في إلباديه ، وفيها بعد عالج أخوه مختلف الخطوط المنحنية : السطوح الضوئية البؤرية (كوستيك) ، الخطوط المنحنية بفعل الدوران ، المنحني المطاطي ، تحت الدويرية (هيبوسيكلويد) ، الخ . اما ليبزيغ فحدد غلاف أسرة من المنحنيات ذات الوسيط (او المسافة بين مركز الخط المنحني وخط تحركه) وقدم ، تحت شكل جديد ، نظرية المتطورات والسطورات . وهناك العديد من المسائل في الجيومتريا اللامتناهية الصغر ، وفي الميكانيك ، وفي الحساب التكاملي ، قد عولجت بالتالي بنسبة التحديات ، المتكاثرة التي تالتت في الصحافة الدولية . ونشير بشكل خاص إلى

الموضوع المشهور ، في الجيومتريا اللامتناهية المقترح ، في سنة 1692 ، من قبل فيفياني Viviani ، وكذلك مسألة منحى النزول الأسرع (براشي ستوكرون) . وعالج لينيز هذه المسألة الأخيرة كمسألة قصوى راداً إيّاها إلى التبيين الذي أقامه فرمات Fermat ، بالنسبة إلى قانون الانكسار الضوئي . وهناك مسألة أخرى مسألة المحيط المتجاوز : وقد كرست هذه المسألة علناً الخلاف بين الأخوين برنولي . ولكنها أتاحت لجاك برنولي أن يضع أسس الطريقة الأولى لحساب التغيرات . والحل الذي أعطاه لهذه المسألة ، سنة 1701 ، حُسن فيما بعد من قبل تابلور وجان برنولي وأولر . نشير أيضاً إلى حل مسألة المسارات المستقيمة أو العمودية الزوايا ، وتحديد الخطوط الأقصر بين نقطتين ضمن بعض البسوط .

المصاعب الأولى : أتاح قيام المركز دي لويتال ، سنة 1696 ، بنشر كتابه «تحليل المتناهيات الصغر» نشر المبادئ والطرق العملية بالحساب الجديد . إلا أنه ، في حين أن كل المصاعب المنطقية التي أثارها تدخل العمليات اللامتناهية ، لم تجد حلولاً ، عملت الرغبة بالاستمرار في الطريق المجدي ، طريق التطبيقات العملية ، على إبعاد إنباه الجيومترين عن هذه المسائل الأساسية .

لا شك أنه قد قامت عدة محاولات توضيحية ، وعلى عدة دفعات ، ولكنها لم تستطع تخفيف الأذى الناتج عن المهاجمات التي قام بها المناطق ضد مبادئ الحساب الجديد . إلا أن نقص الجدارة البادي لدى معارضيه الجيومترين في القرن الثامن عشر ، فيما خص مسائل التقنية الرياضية بالذات ، والثقة العظيمة لدى هؤلاء الجيومترين المشغولين قبل كل شيء بالفعالية والتنفيذ ، كل ذلك يفسر احتقارهم لمسائل التعتن المنطقي الذي سوف يضايق في القرن التاسع عشر كلاً من كوشي Cauchy ، وبولزانو Bolzano ، وإيل Abel .

ومنذ 1694 و 1695 حكم الهولندي ب. نيونتيت B. Nieuwentijt بالغموض وبالحظورة على طرق بارو Barrow ، ونيوتن Newton ، ولينيز Leibniz . وكان جواب هذا الأخير ، جواب ضيق في الواقع ، وبذل على نوع من التردد بشأن طبيعة التفاضليات : واستعيد النقاش سنة 1700 ، وذلك عندما هوجم كتاب دي لويتال ، المدافع عنه من قبل نلريسون وسورين Narignon et Saurin ، هجوماً عنيفاً من قبل الديكارتيين في أكاديمية علوم باريس . وكرس تراجع اعظم المعارضين ، وهو الجبوي ميشال رول Michel Rolle ، النصر النهائي للحساب الجديد في فرنسا ، نصراً ساعد على تمثينه ، نشر كتاب «طريقة قياس السطوح» لمؤلفه كاري (باريسي 1700) وكتاب «التحليل المين» لمؤلفه رينو (مجلدان ، باريس ، 1708) .

النزاع حول الأفضلية : ولكن في ذلك الحين كان على التحليل الجديد أن يخوض معركة قاسية هي النزاع حول الأسبقية والذي قام بين أنصار لينيز ، وأنصار نيوتن وشكل حدثاً مؤلماً كانت له عواقب مؤسفة بشكل خاص .

قبع 1685 ، وبعد نشر المذكرة الأولى للينيز بقليل ، أعلن ج. وليس وج. كبريغ أن هذه الرسالة مستوحاة مباشرة من أعمال بارو ومن أعمال نيوتن . وعاد الجيومترى السويسري ن. فاتيوي

دولي N. Fatio de duiller الاتهام في مجاله الخاصة أولاً ثم علناً في سنة 1699 . ورد لينيز دون أن يشير إلى نيوتن بصورة مباشرة . وعلى كل قام هذا الأخير في سنة 1704 ونشر (كملحق لكتابه أوبتيكا) ، رسالة عنوانها : « تراكتاتوس كوادرا تورا كورفاروم » وكانت هذه الرسالة قد كتبت سنة 1693 ، بقصد تجميع الأقسام الرياضية من كتاب « المبادئ » بشكل منهجي . وخفت حدة الخلاف بعض الوقت ، ثم اندلعت من جديد في سنة 1708 ، عندما اتهم أحد تلامذة نيوتن ، جون كيل John Keil لينيز، علناً بالسرقة . وبعد الاحتجاج ، لم يتراجع كيل بل زاد في اتهاماته . وعندها طلب لينيز تحكيم نيوتن ، والجمعية الملكية ، فكلفت هذه الأخيرة لجنة لجمع المستندات المتعلقة بهذه القضية وتنظيم تقرير مفصل .

ونشر هذا التقرير « كومرسيوم ايستوليكوم » سنة 1712 ، وأعيد نشره عدة مرات . ويفهم منه أن لينيز لم يضع « حسابه » إلا بعد أن اطلع على تفاصيل واضحة حول حساب التفاضل النيوتني . وانزعج لينيز من التقرير خصوصاً وإنه لم يؤخذ رأيه ولا شهادته في الموضوع ، وساعد الجدل غير المباشر ، المرير الثقيل ، الذي نتج عن الأمر بين مؤلفي الحساب اللامتناهي ، ساعد على توسيع الهوة التي عزلت طيلة قرن تقريباً الرياضيين الانكليز من علماء القارة . واستمر الخلاف بفعل نشر الكتاب المنحاز « تاريخ التفاضل » لرافسون Raphson (لندن 1715) حتى إلى ما بعد موت لينيز (1716) . وظل الأمر كذلك حتى القرن التاسع عشر ، عندما بينت مستندات جديدة اكتشفت أن المستندات « الدامغة » التي نشرها التقرير كومرسيوم ايستوليكوم ، لم تكن في حوزة لينيز ، وبالتالي فإن اتهامه بالسرقة لم يكن صحيحاً .

جهود المحللين الانكليز : وكان انتشار طريقة التفاضل أو التدفقات أبداً من انتشار تحليل لينيز . واحد أسباب هذا التأخر هو النشر المتأخر جداً « لمحاولات » نيوتن ، وهي محاولات ، فضلاً عن مبادئ طريقة التفاضل ونظرية السلاسل ، عاجلت حل المعادلات التفاضلية ، ومسائل الجيومترية اللامتناهية ، ومسائل الميكانيك والجبر . فضلاً عن ذلك دلت الكتب حول حساب التفاضلات المنشورة من قبل ش . هيس Ch . Hayes (1704) وهـ . ديتون H . Dutton (1706) ، Ditton ، وج . هودسون J . Hodgson (1736) ، وت . سيمبسون Th . Simpson (1737) ، وس . ماكلاورين C . Maclaurin (1742) ، وج . روي J . Rowe (1751) ، ون . سوندرسون N . Saunderson (1751) ، دلت هذه الكتب على الاهتمام المتحيز الذي وجهه العلماء البريطانيون نحو طرق نيوتن ورمزيته .

في هذه الأثناء ، خلف نيوتن بعض التلامذة العظام . ومن أعظمهم روجر كوت Roger cotes . (1682 — 1716) الذي تولى الطبعة الثانية من كتاب المبادئ (1713) ، ورسائله (هرونيا مسوراوم) ، نشرت بعد موته (1722) وتضمنت نتائج مهمة حول جذور الوحدة وحول تكامل الكسور الصماء وحول نظرية التفاضلات ، فضلاً عن عدة مسائل في الجيومترية اللامتناهية .

ويدين بروك تايلور (1685 - 1731) Brook Taylor بشهرته الى المعادلة التي تحمل اسمه والتي تقدم شرحاً للدالة $f(x)$ ذات القيمة $(x + h)$ بالنسبة إلى المتغير المستقل القريب من قيمة x :

$$f(x + h) = f(x) + hf'(x) + (h^2/2)f''(x) + (h^3/3!)f'''(x) + \dots$$

والتي ظهرت في كتابه الرئيسي : ميتودس انكريمينتوروم . . . (لندن 1715) - وحالة $x = 0$ الخاصة والمعروفة باسم مكلورين الذي اعاد اكتشافها سنة 1742 ، بعد أن كان تايلور Taylor قد أشار إليها ، ثم عبر عنها سترلن Stirling ، سنة 1717 . إلا أن تبني تايلور كان ناقصاً لأنه لم يحسب حساباً لتلاقي السلسلة . وأهمية هذا التطور لم تعرف إلا سنة 1772 بفضل لاغرانج . وبينما الأول الصحيح أعطي سنة 1823 من قبل كوشي Cauchy . ادخل تايلور في كتابه أيضاً حساب الفروقات المنتهية ، وأطلق تحديد الحلول الفريدة للمعادلات التفاضلية ، وعمق دراسة التغيرات في المتغير المستقل ، (وهي تغيرات استعمالها أيضاً نيوتن وبعض تلامذة لينينز) . وقد عالج أخيراً أحد أوائل الأمثلة في مسائل الفيزياء الرياضية ، وهي تحديد تردد الذبذبات وتحديد شكل الوتر المتذبذب بعد معرفة طوله وزنه وشده . ويستحق إبراهيم دي موافر Abraham de Moivre ، وج. سترلن Stirling . J الذكر أيضاً بالنسبة إلى أعمالهما حول نظرية المتابعات والمتسلسلات .

إلا أن نظرية التفاضل أو التدفقات تطورت دون الالتفات الكافي إلى مبادئ الحساب الجديد . وكانت هناك ردة فعل ملائمة سنة 1734 ، عند نشر مقال انتقادي بعنوان « اناليس » . . . وفيه ينتقد الفيلسوف الشهير المثالي جورج بركلي George Berkeley ، وهو يعترف بجدوى التحليل الجديد ، الضعف المنطقي في أساليب التقديم المعتادة ، وبخاصة الاستعمال الكثير لعملية الاستقراء (الانطلاق من الجزئي إلى الكلي) . وكان لهذه الانتقادات صدى كبير ، ونوقشت الردود الأولى ، وخاصة ردود جيمس جورين James Jurin ، وردها بركلي Berkeley بسهولة ، ولكن ب. روبنس B. Robins وهـ. بنبرتون H. Pemberton حسناً فيها . وساعدت هذه المناقشات في توضيح بعض أسس الحساب التفاضلي ، وطريقة الحدود ، كما حفزت المؤلفين على الانتباه لمسائل المنطق . واعتبرت « رسالة التفاضل » التي نشرها سنة 1742 مكلورين Maclaurin ، معلماً يدل على مرحلة مهمة في هذا السبيل . إلا أن هذه الرسالة ، بتخليها عن الأساليب التحليلية لصالح الطرق الجيومترية والميكانيكية ، وجهت الرياضيات البريطانية في طريق قليل الخصوبة . وقد حاول جون لاندن John landen (رزديال انا ليزم 1764) أن يركز « الحساب » على مبادئ يقبلها الجميع في الجبر وفي الجيومترية « بدون اللجوء إلى أي مبدأ أجنبي مركّز على حركة خيالية أو على اللامتناهيات غير المفهومة » .

ولكن للأسف لم تنتج هذه المحاولة المركزة على تصور غير دقيق لمفهوم الحد ، وأصبح من الواجب الانتظار حتى سنة 1820 لكي يعود التحليل الانكليزي إلى حيويته ، بفضل العودة إلى الكتب المستوحاة مباشرة من طرق ومن ملاحظات وضعتها القارة الأوروبية .

2 - توسيع التحليل وتطبيقاته

بعد البدايات الحسنة ، وغير المنظمة نوعاً ما ، للحساب الجديد ، عرفت القارة مرحلة غم أكثر هدوءاً ، بخلافها انتشرت المكتسبات السابقة وتنظمت ، وبذات الوقت نشأت فروع جديدة للتحليل وتطبيقاته .

الصناع الجدد : لحظ موت ماكلورين في سنة 1746 ، وموت جان برنولي سنة 1748 ، زوال التلامذة الآخرين والمباشرين لنيوتن ، ولبيتر . في هذه الحقبة أصبح تقدم التحليل بين يدي جيل جديد ، جيل دانيال برنولي (1700 — 1782) وأولر (1707 — 1783) وكليرو (1713 — 1765) Clairaut ، ودالمبير (1717 — 1783) أكمله باستمرار جيل لاغرانج (1736 — 1813) ومونج (1746 — 1818) ولابلاس (1749 — 1827) وليجاندر Legendre (1752 — 1833) الذي وصل بين القرن 18 والقرن اللاحق . وكان هناك اسمان اسم أولر ولاغرانج ، يسيطران على هذه الكوكبة الرائعة . بعد أن درس أولر تحت رعاية جان برنولي ، ترك مدينة ولادته بال ، وعمره عشرون سنة واشتغل في سان بطرس برغ من 1721 إلى 1741 ، ثم في برلين في أكاديمية فريدريك الثاني واستدعته أخيراً كاترين الثانية سنة 1766 ، فأمضى السنوات الأخيرة من حياته في أكاديمية سان بطرس برغ . وكرس نفسه للعمل العلمي ، فجمع مجموعة ذات غنى استثنائي . وكانت مجموعته « اوراومنيا » أثناء الطبع ، وشكلت حوالي 69 مجلداً قطع الربع . وجمعت حوالي 900 عمل مخصص للرياضيات والبصريات والفلك والعلم البحري ونظرية التأمينات الخ . . وعدا عن كتابه : رسائل إلى أميرة المانية (طبعة أولى بالروسية سنة 1768) وهو كتاب تبسيطي ترجم إلى عشر لغات ولاقى انتشاراً ضخماً ، عرفت كته الرياضية الخالصة نجاحاً كبيراً ، ولعبت دوراً أولاً في التنسيق بين مختلف فروع التحليل ، وفي تكوين عدة أجيال من الرياضيين وكان أشهر هذه الكتب : « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » ، مجلدان لوزان 1748 . وترجم هذا الكتاب إلى الفرنسية والألمانية وأصبح كتاباً كلاسيكياً بسرعة وقد خصص مجلده الأول لدراسة الدالات عموماً والدالات الاسية واللوغاريتم وعلم المثلثات بشكل خاص ، وللتطور التسلسلي ثم للحل المقارب للمعادلات وللعديد من المسائل المتعلقة بنظرية الأعداد . وعالج المجلد الثاني الدراسة التحليلية للسطوح المنحنية والمساحات .

هذا الكتاب العظيم بوضوحه ورغبته في التوليف بين المعارف المتنوعة تضمن العديد من النتائج الجديدة المهمة . وفي مجال الحساب اللامتناهي . نشر أولر كتباً مهمة : قواعد الحساب التفاضلي 1755 ، قواعد الحساب التكاملي ، (3 مجلدات 1768 — 1770) ضمها كل النتائج المتراكمة في هذا المجال الواسع ، مضيفاً إليها العديد من المساهمات الشخصية ولم تستبدل هذه الكتب إلا في أواخر القرن بكتب لاغرانج وكتاب الحساب التفاضلي والحساب التكاملي اللذين وضعهما س . ف . لacroix (مجلدان ، باريس ، 1797 — 1800 ؛ ط2 ، 3 مجلدات ، 1810 — 1819) .

ولد لاغرانج في تورينو 1736 . وبرز باكراً كرياضي متفوق . وكان في بادئ الأمر استاذاً في

مدرسة المدفعية في تورينو سنة 1766، وبناءً على توصية دالمبير وأولر، خلف هذا الأخير في أكاديمية فريدريك الثاني في برلين. وفي سنة 1787، وبعد موت العاهل، قبل دعوة لويس السادس عشر وذهب إلى باريس حيث استقر بصورة نهائية. وفي سنة 1788 نشر كتابه الأول الكبير «الميكانيك التحليلي»، وطبعه طبعة ثانية، قسم منه بعد وفاته (مجلدان باريس 1813). وعلم في مدرسة دار المعلمين من السنة الثالثة ثم في مدرسة بوليتكنيك. وكون العديد من التلامذة، واستخرج من تعليمه مادة عدة كتب: نظرية الدالات التحليلية (1797)، ثم كتاب حل المعادلات العددية 1898، ثم دروس في حساب الدالات 1799. وعينه نابوليون الذي كان معجباً بعبقريته شيخاً ثم كونت. وظل لاغرانج حتى وفاته سنة 1813 يمارس تأثيره العميق على المدرسة الرياضية الفرنسية الناشئة. وكانت مؤلفاته الأقل عدداً وانتشاراً من مؤلفات أولر، تعادل هذه الأخيرة من حيث تنوعها وأهميتها. وكانت مذكراته وكتبه أي كتب لاغرانج ومذكراته، رائعة من حيث وضوحها وناقته. وكانت تتضمن كلها نتائج مهمة وأصلية وتعرض الطرق التي تمجدد في الغالب، المواضيع المدروسة

أما مقدمات المحللين الآخرين في تلك الحقبة، وإن كانت قيمتها لا ينازع بها، إلا أنها قد «كسفت» بهذين العاملين الضخمين. وبعض هؤلاء المحللين، مثل دانيال برنولي، كليرو ودالمبير ولاندن أوليجندر، لم يهتموا إلا ببعض نواحي التحليل، وكان هناك آخرون يرون التحليل كتاباً متمماً لبحوث أخرى: علم الفلك وعلم الاحتمالات، في نظر لابلاس، أو الجيومتريا اللامتناهية في نظر مونج. وربما كان دالمبير وحده هو الذي عالج بكفاءة، مسائل تتعلق بمختلف فروع التحليل. ولكن انتاجه الرياضي تأثر بفعل نشاطه في المجالات الأخرى وربما كان معادلاً لأولر، إلا أنه فضل أن يساهم مساهمة ناشطة في كتابة الانسيكلوبيديا، وفي تطوير الحركة الفلسفية.

المعادلات التفاضلية: إن المسائل المتنوعة التي تعرض لها مؤسسو الحساب اللامتناهي وتلامذتهم، جعلتهم جميعاً على اتصال مع العديد من نماذج المعادلات التفاضلية، سعياً وراء حلها، بوسائل خاصة في أغلب الأحيان. في هذه الأثناء، وبمقدار ما كانت النتائج تتجمع، والملاحظات تتوضح، وضعت قواعد عامة موضع التوضيح، قواعد كان علماء القرن الثامن عشر قد وضعوها ووضحوا شروط استعمالها. ودرست نماذج جديدة من المعادلات، هكذا، بشكل منهجي متزايد، في ذات الوقت تم التثبت من بعض المصاعب. وتكون الدرس الكلاسيكي للمعادلات التفاضلية، أثناء هذه الحقبة، دون أن تتوضح، في كل حال شروط وجود الحلول. ومنذ 1691 استعان جان برنولي بمعامل تكاملي في حل معادلة تفاضلية. ووضع أولر نظرية حول هذا العامل، مستخدماً معايير التكاملية، المدروسة من قبل كليرو وفونتين ومن قبله هو نفسه. واستعملت بشكل واسع طريقة تغير الثوابت، التي سبق واستعملها جان برنولي سنة 1693. أما المعادلات التفاضلية الخطية ذات المعاملات الثابتة فقد كاملها أولر سنة 1750. وفي سنة 1724 اقترح ج. ف. ريكاتي J. F. Riccati، المعادلة الشهيرة: $Y' = f(x) + yg(x) + y^2 h(x)$ وحلها بواسطة بعض الحالات الخاصة، فضلاً عن ذلك بين دالمبير كيف يمكن حل بعض المعادلات التفاضلية بواسطة نظام معادل أو

مساوي . ووجود حلول فريدة ، وهو وجود قال به تايلور ، تأكد وثبت من قبل كليرو الذي استخدم ، وفقاً لمثل المعادلة التفاضلية التي تحمل اسمه ، طريقة تفاضل أو تفريق المعادلة الأساسية . وامت العودة إلى دراسة الحلول الفريدة من قبل أولر ولا بلاس ولاغرانج ومونج الذين وضّحو غالبية المضاعب . نشر أيضاً إلى إدخال أولر السلاسل فوق الجيومترية - بعد أن ربط بها تجميع حل المعادلة التفاضلية الخطوطية من المرتبة الثانية - ومختلف أنماط الدالات مثل دالات $B(x, y)$ ودالة $T(x)$ ، الخ

اما المعادلات ذات التفاضليات الشاملة فقد درسها بشكل خاص أولر ولاغرانج . ووضع مونج Monge المعنى الجيومترى لتفاضليات هذه المعادلات التي لا يتوفر فيها شرط التكاملية مستبقاً بالتالي بحوث ج . ف . بفاف J.E. Pfaff .

وكان حساب الفروقات المنتهية ، قد ادخل منذ القرن السابع عشر ، فعكف على دراسته تايلور وكوت وأولر ولاغرانج ولا بلاس ، واستعمله هذا الأخير ، بعد مونت مور Montmort وموافر Moivre في حساب الاحتمالات .

المعادلات ذات المشتقات الجزئية : ولدت مشتقات الاسات ذات المتغيرات الكثيرة ، او المشتقات الجزئية ، بشكل ترقيمات غير واضحة تماماً ، في بعض اعمال نيوتن ولينز والأخوين برنولي . ولكن هذه المعادلات ذات المشتقات الجزئية ، رغم دخولها في كل المسائل التحليلية المتعددة المتغيرات ، فهي لم تدخل علناً إلا في سنة 1734 ضمن هذه المسائل ، وذلك على يد أولر ، ولم تبدأ دراستها بشكل منهجي إلا في سنة 1747 حيث تناولت مثل المعادلة ذات المشتقات الجزئية من الأوتار المتذبذبة $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$ التي وضع حلها دالمبير في المعادلة $u = f(x + at) + \phi(x - at)$ حيث ϕ و f دالتان كيفيتان محددتان جزئياً بشروط الحدود والتضيقات التي ادخلها دالمبير على اختيار هذه الدالات ، انتقدها أولر الذي أكد انه من الواجب قبول كل دالة محددة بخط مرسوم كيفما كان ، كما انتقدها برنولي الذي اقترح تمثيل الحلول بسلاسل تريغونومترية (مثلثاتية) . وتدخل كل الرياضيين من تلك الحقبة ، في الجدل الذي حسم في القرن التاسع عشر عندما تم تحديد مفاهيم الدالة والسلسلة التريغونومترية بشكل دقيق .

في هذه الأثناء ، وعلى موازاة توسع تطبيقات هذه المعادلات الجديدة في الميكانيك والفيزياء الرياضية ، كانت دراستها التحليلية تتقدم بسرعة . وشارك أولر ودالمبير ولاغرانج مشاركة فعالة في الكشف عن هذا المجال الجديد . وفي حين كانت معادلات الدرجة الأولى قد حلت بشكل عام من قبل لاغرانج ، وفسرت هندسياً من قبل مونج ، في هذه الأثناء كانت أنماط مختلفة من معادلات الدرجة الثانية تعالج متسببة بادخال تطويرات على السلاسل التريغونومترية وعلى السلاسل ذات الدالات الكروية البسيطة أو العامة . الخ . وفي حين كان لاغرانج يوضح من وجهة نظر تحليلية خالصة ، العديد من نواحي هذه النظرية الشديدة الدقة ، كان مونج ، وهو يشدد بصورة خاصة على التطبيقات في الجيومتريا اللامتناهية ، يبدع طريقة جديدة في التكامل الجيومترى ، تطبق بشكل خاص على فئة

مهمة من المعادلات ذات الاشتقاقات الجزئية من الدرجة الثانية ، ذات الشكل $Ar + 2Ks + Lt + M = 0$. وتعتبر نظريته حول السمات نموذجاً للدراسة تحليلية-جيومترية ، الهمت للعديد من المؤلفين في القرن التاسع عشر ومنهم سوفوس لي Sophus Lie الذي أقر بأن أسس نظريته في تحول التماس موجودة في أعمال مونج .

إنشاء حساب التغيرات : شعر أولر وهو يعود سنة 1728 إلى تنسيق مختلف المسائل ذات العلاقة بالقصويات التكاملية ، التي سبق ودرستها مدرسة لينيز في أواخر القرن السابع عشر ، شعر أولر بضرورة ادخال طرق اعم ، في هذا المجال . وبعد ان درّس المسألة الشهيرة مسألة المحيطات المتجاوزة المتساوية (ايزوبرمتر) ، نشر كتاباً شاملاً : « ميتودوس انفينيتي ... لوزان 1744 » حيث عرض الطريقة الأولى العامة من أجل حل مسائل القصويات . وخلق بهذا ميدان علم جديد سماه في سنة 1766 : حساب التغيرات . اما تحليله العقلائي ، فرغم تعقيده من ناحية تعمقه بالعناصر الجيومترية ، وبالفروقات المتتالية وبالسلاسل - فقد ادى به إلى صيغ عامة بسيطة وأنيقة طَبَّقَهَا على العديد من الأمثلة .

وفي مذكرة شهيرة ، نشرت سنة 1762 في المجلد 2 من كتاب : « ميسلانا توريناسيا » أعطى لاغرانج الشاب ، وهو يدخل رمزية أكثر ملائمة ، اعطى اساساً تحليلياً خالصاً للصيغ التي ابتكرها أولر ، مع تعميمه المسألة التي درست بفعل الغاء شرط ثبوتية اطراف المتكاملة المدروسة . وعرف أولر تفوق تبين لاغرانج ، فاستخدم فيما بعد هذه الطريقة الجديدة .

وخصّص لاغرانج عدة دراسات لاحقة لهذا الحساب الجديد ، طبقها بشكل خاص على موضوع السطوح الدنيا كما طبقها على انجاز نظامه في الميكانيك التحليلي . وفي سنة 1788 أعلن ليجاندر عن معيار يمكن أن يسمح بتمييز القصويات والدنيوات . أما تيبانه ، الذي كانت تنقصه الدقة فإنه لم يصحح الا في سنة 1836 على يد جاكوبي Jacobi .

المفهوم العام للدالات : يعود منشأ فكرة الدالة الى ايجاد الجيومتريا التحليلية من قبل فرمات Fermat وديكارت Descartes . وبهذا الشأن ليس اعتبار الإحداثية الصادية لخط منح منطبقاً للاحداثية السينية سوى النقل الجيومترتي لهذا المفهوم . ولم يظهر هذا المفهوم بمظهره التحليلي الخالص إلا بعد إيجاد الحساب اللامتناهي وهو يأخذ بصورة تدريجية معنى أكثر وضوحاً عند نيوتن وليبنز وتلامذتهما . وبعد أن مر بعدة تسميات متنوعة ، ظهرت كلمة دالة (Fonction) عند ليبنز وتوضحت عند جان برنولي الذي حدد ، في سنة 1718 دالات متغير مثل الكميات المركبة بأي شكل كان ، من هذا المقدار المتغير ومن الثوابت .. والترقيم الحديث البسيط جداً $f(x)$ ، أوجده أولر وكليرو .

قام أولر سنة 1748 في كتابه « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » بدراسة منهجية للدالات الأولية ، وصنفها بحسب نموذج تكوينها ، جبرية ، أو تصاعدية ، ظاهرية أو ضمنية ، موحدة الشكل أو متعددة الشكل . وحقق هذا التصنيف تقدماً مهماً رغم ان التعريف الذي اعطى للدالات

التصاعدية ، يبدو أكثر ضيقاً وحصرية ، وفي سنة 1749 قادت دراسة المعادلة ذات المشتقات الجزئية في الاوتار المتذبذبة ، اولر إلى توسيع مفهوم الدالة العامة وإلى القول بأنها يمكن ان تحدد بخط منح مرسوم كيفما كان فوق سطح . والغموض الناتج عن تواجد هذين المفهومين لن يزول إلا في القرن التاسع عشر على يد فوريه وعلى يد لوجون - ديريكلي Le jeune — Dirichlet اللذين شرحا بذات الوقت العلاقات القائمة بين المفهوم العام للدالة ، والتطور ضمن سلسلة تريغونومترية ادخله دانيال برنولي ، وظل هذا التطور لمدة طويلة يعتبر أكثر ضيقاً من حل اولر .

دالمير D'Alembert ونظرية الحدود: ويدون اعطاء الانتباه الكافي لمبادئ الحساب الجديد ، لم يعمل علماء القرن الثامن عشر دراسة هذه المبادئ اهمالاً تاماً . فقد استخدم فونتينيلى Fontenelle في كتابه « عناصر جيومترية اللامتناهي » (باريس 1727) اللامتناهي الكبير واللامتناهي الصغر ، مع قبوله بوجود اللامتناهي الحالي ، من الدرجة الاسية المطلقة ، من اجل تمثيل دوغماتيكي لمجمل المسائل المتعلقة باللامتناهي . وهذه الوجهة من الرأي ، كانت موضوع جدل مر به من قبل أهم الرياضيين الرئيسيين .

وفي حين حملت انتقادات بركلي Berkeley المدرسة البريطانية على تعميق مجمل مفاهيم حساب التفاضل ، عرض دالمير ، في الانسكلويديا وفي : « توضيحات حول عناصر الفلسفة » 1767 ، مستلهماً مفاهيم وأفكار روبنسون Robins وملكورين Malcaurin ، عرض خصائص اللامتناهيات الصغر من مختلف المراتب بشكل عصري جداً ، وإنشاء التحليل حول نظرية الحدود . ورغم ان هذه النظرية مركزة بشكل غير كاف فقد استخدمت ، مع ذلك كأساس للعرض الدقيق الذي قام به عنها كوشي في القرن اللاحق . وعرفت نظرية دالمير هذه نجاحاً كبيراً ، ولكنها لم تنل موافقة اولر ، الذي كانت وجهة نظره ، وإن غير واضحة تماماً ، أقرب قليلاً إلى وجهة نظر فونتينيلى .

نظرية الدالات عند لاغرانج Lagrange: جهد لاغرانج ، وهو يرى ان طريقة الحدود مشوبة بلجوء إلى الميتافيزيا ، وشاكاً بدقة طريقة اللامتناهيات الصغر ، بعد 1772 بأن يؤسس التحليل على الطرق الجبرية ، وبصورة خاصة على استعمال التجذيرات بالسلاسل التي قال بها Taylor . وقد وسعت مفاهيمه فيما بعد وعرضت بشكل أكثر منهجية في كتابه « نظرية الدالات التحليلية » 1797 ، وفي « دروس حول حساب الدالات » 1799 .

وشرع بدراسة التجذير التaylorي لدالة عند مجاورتها للقيمة a من المستقل المتغير ، وفهم اهمية الباقي ، ولكنه اهل دراسة شروط الوجود والتثبت من ان التجذير الحاصل يمثل تماماً الدالة الاساسية ، وهو ضعف تميزت به حقبة قلما انتشر فيها مفهوم الدقة ، سواء في الجبرام في التحليل . وبتفريع السلسلة الحاصلة ، وما فيها من بساق ، عرف الدالات المشتقة - ورقمها $f(x), f'(x), f''(x)$ الخ . بواسطة المعاملات المتتالية في التجذير . وانتقدت هذه المحاولة في عصره : لترقيمتها ، واستعمالاتها غير المريحة ، فسقطت نتيجة غموض المفاهيم المتعلقة بتلاقي السلاسل ، وبمفهوم الدالة العشوائية بالدات . إلا انها امتازت ، مع ذلك ، بجلب الانتباه إلى الدراسة المجردة ،

دراسة الدالات ، التي بواسطة كوشي Cauchy وريمان Rieman ، وويرستراس Weirstrass ، أدت إلى خلق نظرية الدالات المتغيرات الفعلية . واثرت هذه المحاولة ايضاً في تطوير نظرية وظائف المتغير المعقد وفي تطوير السلاسل الشكلية .

بعض المسائل الجديدة : كان عمل نيوتن غنياً جداً بالطرق ، والنظريات ، وبالنتائج الجديدة ، فترك بحالة التعليق العديد من المسائل التي سوف يشغل حلها علماء القرن 18 . ذلك ، مثلاً ، هو حال البحث عن صورة توازن مائع في حالة الدوران ، تتجاذب جزئياتها وفقاً لقانون نيوتن . وقد بين نيوتن وماكلورين وكليرو ان هذه الصورة كانت اهليلجياً في حالة دوران ، كما تنبأ به نيوتن . وحدد ماكلورين ايضاً قيمة الجذب الذي يحدثه شكل اهليلجي (Ellipsoide) منسجم فوق نقطة واقعة في داخله او فوق سطحه .

وعاد إلى هاتين المسألتين كل من دالمبير ولاغرانج ، ولاپلاس وليجندير الذين اوضحوا ، بهذه المناسبة ، طرقاً جديدة أو وسائل حساب أصيلة . وعلى هذا وسنح ليجندير سنة 1783 حساب الجذب لتشمل نقطة خارجية ، بفضل تدخل شكل إهليلجي ذاتي البؤرة Homofocal ، وبفضل استخدام «متعددات حدود ليجندير» الشهيرة . وعلى هذا ايضاً أدخل كليرو الدالة V التي استعملها لاغرانج فيما بعد في الديناميك وفي التحليل . وفي سنة 1785 بين لاپلاس ان هذه الدالة الخامسة ، تتلاءم مع معادلة ذات مشتقات جزئية : $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0$ ، تلعب (اي المعادلة) دوراً كبيراً في مختلف فروع الفيزياء الرياضية ، واستخدم لاپلاس الاحداثيات الصادية القطبية ، في تكامل الدالات ، المسماة دالات لاپلاس ، معماً بالتالي الدالات التريغونومترية ، في حالة المتغيرين .

وأدت مسألة اخرى إلى اكتشافات اكثر اهمية . هي مسألة تقويم الاهليلج Ellipse والإيبربول (القطع الزائد) ، تقويماً لم يستطع الحصول عليه محللو القرن 17 ، لأن حله يوجب بالضرورة اعمال دالات جديدة .

ونظراً لصعوبة معالجة الموضوع بالعمق ، جرت أولاً محاولة البحث عن كل التكاملات التي تتعلق حسابها بهذه الأقواس . وقدم الجيومترى الايطالي ج . ك . فاغنانونو G.C. Fagnano ، (1682 — 1766) مساهمة اكثر اصاله عندما بين ، بعد 1716 ، انه بالامكان ، وبلافا الاشكال ، وفوق قطع اهليلجي ناقص Ellipse أو فوق إيبربول معين ، رسم قوسين بينهما فرق معين ، ومن خلال إقامة علاقة مباشرة بين تقويم هذه المنحنيات وتقويم المنحنى ذي العروتين . وحفزت بحوث فاغنانونو Fagnano ، التي نشرت سنة 1750 ، اولر فعالج ، في سنة 1756 ، هذه المسألة بشكل تحليلي ، واثبت عدة خصائص مهمة لهذه التكاملات Intégrales ، المتميزة ، في العنصر التفاضلي ، بوجود الجذر التربيعي لمتعدد الحدود Polynôme من الدرجة الرابعة . وفي سنة 1780 ، بين ج لانندن J. Landen ان حساب اي قوس من مخروط Hyperbole قد يرد إلى حساب قوسين فوق قطع اهليلجي Ellipse ، وهي نتيجة عرضها لاغرانج بشكل اكثر مباشرة . في سنة 1786 ، تدخل ، لأول مرة ، في هذا المجال ا . م . ليجندير الذي خصص لهذه البحوث قسماً كبيراً من حياته . واحتوت مذكراته

الأوليان (1786 — 1793) نتائج مهمة متعلقة في تصنيف هذه التكمالات ، وفي تحويلها ، إلى اشكال قانونية وحسابها المتقارب . ولكن جوهر عمل ليجندر موجود ضمن الكتب التي نشرها سنة 1819 — 1811 وسنة 1825 — 1832 ، والتي سوف نذكرها في المجلد اللاحق ، بنيات الوقت مع أعمال آيبل Abel وجاكوبي Jacobi ، التي سوف تكشف عن الأهمية الاستثنائية لهذه الدالات الجديدة .

II - تقدم المجالات الجبرية

بدون أن يدخل تجديدات بارزة ، قدم القرن 18 ، في مجال العلوم الجبرية العديد من التحسينات التي أعدت ثورة القرن التالي .

1 - نظرية المعادلات

القاعدة الأساسية في الجبر : سنة 1608 ، أكد ب. روث P. Rothe بأن كل معادلة جبرية من (ن) درجة تحتوي (ن) جذر . هذه الصيغة استعادها ، بشكل أوضح فأوضح ، البير جيرارد Albert Girard (1629) ، وديكارت (1637) ونيوتن (1685) واولر (1742) ، بفضل فهم أفضل لطبيعة الجذور (الحقيقة أو الخيالية ، التميز أو المتطابقة) . وإثبات هذه القاعدة الأساسية عاجلها على التوالي دالمبير D'Alembert (1746) واولر (1751) ، الخ . ولكن الاثبات الأول الدقيق لم يقدم إلا في سنة 1799 من قبل غوس Gauss ، الذي قدم فيما بعد ، اثباتات أخرى ، وكون كل معادلة جبرية تمتلك ، على الأقل ، جذراً حقيقياً أو خيالياً ، هو في أساس اثباتات لاغرانج وغوس .

المحددات أو الحواسم : في أواخر القرن 17 ، استخدم لينيز ، في مختلف المناسبات ، وعند حل أنظمة المعادلات الخطوية Linéaire ذات المجهولات الكثيرة ، نظام عد حسابي (algorithm) يُعادل محدداتنا الحالية⁽¹⁾ . وهناك ترقيمات ماثلة ، اعاد ادخالها سنة 1750 غبريل كرامر Gabriel cramer ، استخدمت بكثرة متزايدة بخلال النصف الثاني من القرن ، وبخاصة من قبل بيزوت Bézout (1764) وفاندرموند Vandermonde (1772) ولابلاس (1772) ولاغرانج (1773) ، الخ . وحصلت نتائج جديدة متنوعة دون تطوير دراسة منهجية لهذا الألفوريتم Algorithm الجديد . وابتكرت كلمة محدد من قبل غوس Gauss سنة 1801 ، في حين كانت النظرية قد توضحت بخلال العقود الأولى من القرن 19 من قبل غوس بالذات ، ومن قبل جان بينيه J. Binet وكوشي Cauchy ، وجاكوبي Jacobi ، ولكن التقييم الحديث لم يدخل إلا سنة 1841 ، على يد كايلي A. Cayley . .

(1) من الملاحظ أن الطريقة الصينية القديمة القائمة على تمثيل معاملات مجهولات العديد من المعادلات الخطية المستقيمة Linéaires المتقارنة - فوق رقعة الشطرنج échiquier (راجع مجلد 1 ، القسم 1 ، الفصل 5) تُرَدُّ في الواقع إلى تصوير مُحدَّد ما تصوراً تحديداً . فضلاً عن ذلك ، وقبل لينيز بعدة سنوات ، قام العالم الرياضي الكبير ، الياباني سيكي كوا Seki Kowa ، وباستخدام عدد Déterminant لكي يسبغ كمية بين معادلتين .

معادلات ذات درجة أعلى من 4: في حين كان حل المعادلات من الدرجة 3 و4 ، يستفيد من بعض التقدم التفصيلي ، العائد ، بشكل خاص ، إلى استعمال افضل للأعداد المعقدة ، كان انتباه علماء الجبر يتوجه بالطبع ، نحو المعادلات ذات الدرجة الأعلى ، وبخاصة نحو معادلات الدرجة الخامسة ، التي بدأ حلها أحد الأهداف الأولى الواجبة التحقيق . وفي سنة 1683 ، اعتقد تشيرنوس Tschirnhaus انه اكتشف طريقة عامة لحل المعادلات الجبرية . وهذه الطريقة ، رغم عدم فعاليتها في حل المعادلات الأعلى من الدرجة 4 ، وهي طريق الاستبدال ، اتاحت فيها بعد رد المعادلة العامة من الدرجة الخامسة إلى شكل قانوني تليشي الحدود Triôme .

ولكن الفشل الكثير الحاصل بعد محاولة حل المعادلات العامة ذات الدرجة الأربع من 4 ، دفع إلى القيام بتحليل ادق للطريقتين العامتين المستعملتين في حل المعادلات من الدرجة الأدنى : طريقة الاستبدال والدمج . وحصلت دراستان مهمتان حول هذا الموضوع ، وبذات الوقت من قبل فاندر موند (1770) Vandermonde نشرت سنة 1774 ومن قبل لاغرانج (أفكار الحل الجبري لبعض المعادلات 1770-1771) .

وقرر فاندرموند Vandermonde بأن الحل العام لمعادلة من درجة معينة ، يتعلق بإمكانية بناء دالة جذرية صماء لجذور بعض حدودها تساوي هذه الجذور بالذات ، بشرط ان تكون هذه الدالة قابلة للتحويل بشكل يجعلها مرتبطة فقط بدالات متناظرة مع الجذور للبحوث عنها . وهكذا عثر فاندرموند على صيغ لحل المعادلات من الدرجة 2 و3 و4 ، وفشل فيما يتعلق بالمعادلات العامة ذات الدرجة الأعلى ، ولكنه نجح في حل المعادلة ذات الحدين $x^{11} - 1 = 0$ (Binôme) ، مؤملاً حتى ، بإمكانية حل المعادلة $x^n - 1 = 0$ ، في كل الحالات التي يكون فيها (n) أولياً ، حل سوف يعرضه غوس في كتابه « ديسكيزيسوني اريثماتيكا » (1801) .

واضطر لاغرانج ، من جهته ، إلى دراسة الدالات القياسية (Rationnelles) لجذور المعادلات الجبرية ، وبصورة خاصة إلى دراسة سلوك هذه الدالات عند تبديل الجذور Permutation . وهكذا اقتيد إلى وضع القواعد الأولى لنظرية المجموعات المستقبلية . ولاحظ لاغرانج ان الطرق المعتادة في الحل تلجأ إلى معادلات مساعدة ، تسمى حلالة ، تكون جذورها دالات خطية Linéaires للجذور المطلوبة ، ولجذور الوحدة ، فبين ان المعادلة من الدرجة الخامسة لا يمكن ان تحل هكذا ، إذا كانت معادلتها الحلالة من الدرجة السادسة . وفي سنة 1798 عاود هذه الدراسة في « الحل الجبري للمعادلات » ، إنما دون أن يستطيع ان يسير ، إلى أبعد ، في دراسة المعادلات ، من الدرجة الأعلى من 4 . وفي السنة اللاحقة ، حل العالم الرياضي الايطالي بيترو روفيني Pietro Ruffini بصورة جزئية هذه المعضلة في « النظرية العامة للمعادلات » ، مؤكداً على الاستحالة الفاقطة في حل المعادلات العامة ذات الدرجة الأعلى من 4 ، حلاً جبرياً . ومع ذلك فقد بقيت هناك ثغرات في تحليله . والتبين النهائي لن يعطى الا سنة 1826 من قبل آيبل Abel . وادت البحوث المهمة لروفيني Ruffini بعد لاغرانج ، الى تعميق اسس نظرية المجموعات . وان لم يقدر عمل الرياضي الايطالي حق

قدره، إلا أنه يحتمل مكانة مختارة إلى جانب أعمال فاندروموند، ولاغرانج وغوس، في اعداد الثورة الكبرى، ثورة 1826 - 1830، التي جددت طرق الجبر باكملة، بعد ان اوضحت المصاعب الملحوظة في نظرية الحل الجبري للمعادلات.

إنجازات مختلفة - وتحققت انجازات اخرى أكثر اولى. من هذه الانجازات، التي تتحكم جزئياً بأعمال فاندروموند ولاغرانج، هناك انجاز يتعلق بالدالات التناظرية بجذور معادلات جبرية، بدأ بدراستها جيرار، وعالجها نيوتن وأكملها لاغرانج سنة 1768. وا. وورنغ (E. Waring, 1782) (1770). واستبعاد مجهول من معادلتين ذاتي مجهولين - وهي مسألة تعادل البحث عن نقاط تقاطع بين منحنين يمثلان هاتين الدالتين - درس في القرن 17 من قبل مستيفن Stevin، فرمات Fermat، وهودو Hudde.

واستبعد كرامر Cramer، سنة 1750، الصعوبات التي مبعثها الوجود الممكن لنقاط متعددة. وبين بيزوت Bézout، سنة 1771 بصورة نهائية ان منحنين جبريين من الدرجة nm لهما mn من النقاط المشتركة.

وكانت قاعدة اشارات ديكارت موضوع تحسينات عدة ومحاولات عدة تبينية، وخاصة من قبل لينيز، وغوال Gual، و. آ. سيغنر Segner، وا. وورنغ E. Waring، وغوس. وعولج موضوع فصل الجذور من قبل رول Rolle الذي طور، في «رسائله الجبرية» (1690) «طريقة التسلسلات» Cascades، متيحاً من خلال النظر إلى سلسلة من المعادلات المساعدة من ذوات الدرجات المتنازلة، الاحاطة بالجذور الحقة لبعض اغانط المعادلات. وفي سنة 1691، نشر رول قاعدته الشهيرة التي تؤكد بأن الدالة لا يمكن ان تلغى اكثر من مرة في الفترة الفاصلة بين جذرين حقيقيين متتاليين، ودالتها المشتقة.

الحل العددي للمعادلات: في كتابه «اريماتيكا اونيفرساليس» (1707) قدم نيوتن العديد من الطرق لتحديد حد اعلى للجذور الحقة، وقدم قاعدة لتحديد الحد الأدنى لعدد الجذور الخيالية والحد الأعلى لعدد الجذور الايجابية والسلبية: وهذه القاعدة الأخيرة، الأكثر وضوحاً، في الغالب، من قاعدة ديكارت، لم تبن إلا في القرن 19.

وقد اهتم نيوتن ايضاً بالمسألة المهمة مسألة التحديد المقارن لجذور مطلق معادلة. واسلوبه المستعمل بعد 1685 في «الجبرا» لوليس، ذو تطبيق سهل نوعاً ما.

نفترض معادلة $f(x) = 0$. وقيمة قريبة a من احد جذور هذه المعادلة. نضع $x = a + y$ ثم نشكل المعادلة المساعدة $g(y) = f(a + y) = 0$. ان هذه المعادلة ذات (y) تقبل بجذر ذي قيمة مطلقة قليلة، له قيمة مقاربة (b) يُحصل عليها برد المعادلة إلى حدتها من ذوي الدرجة الأدنى. (ان $(a + b)$ هي قيمة جديدة قريبة من الجذر المبحوث عنه وتطبيق هذا الأسلوب يمكن ان يستمر إلى الحد الذي نشأه).

هذه الطريقة ، غيرت قليلاً سنة 1690 من قبل رافسون Raphson الذي استعمل القيمة القريبة :

$$b_1 = a - f(a)/f'(a) \text{ وقد عاد إليها فيما بعد لاغرانج وفورييه Fourier.}$$

وفيهما خص الطرق الأخرى الكثيرة للحل الرقمي القريب من المعادلات ذات الدرجة المرتفعة ، هذه الطرق التي درست في القرن الثامن عشر ، لن نشير منها إلا على اعمال لا غني — (1705-1706) والمرتكزة على استعمال الفروقات المتتالية للدالة $f(x)$ ، ثم اعمال تايلور Taylor المرتكزة على تدخل سلسلته الشهيرة ، واعمال لاغرانج ، المشتقة من استعمال التجذيرات ذات الكسور المستمرة .

2 - الأعداد المعقدة وتطبيقاتها

طبيعة الأعداد المعقدة : ان الأعداد المعقدة ، ادخلت في القرن السادس عشر بمناسبة حل المعادلة من الدرجة الثالثة ، وبعدها احتلت مركزاً متزايداً في الجبر . إلا انه نتيجة عدم وجود تبرير صحيح وفهم واضح لطبيعتها ، شكل ادخالها ، وقد قضت به حاجات الحساب ، كإثارة مستمرة من الناحية المنطقية . ودون الوصول الى تبرير منطقي نهائي لهذه الأعداد - التي ظلت لمدة طويلة تسمى بالأعداد الخيالية ، نظراً لأن كلمة معقد التي ادخلها غوس سنة 1831 ، لم تنتشر إلا ببطء - فإن القرن الثامن عشر شاهد تحقيق انجازات مهمة ، بفضل ادخالها في العديد من الفروع . من التحليل وبفضل تفسير أكثر دقة لطبيعتها .

وغالبية المؤلفين في القرن السابع عشر كانت تعتقد ان مختلف انواع الجذور لها ما يطابقها من أنماط متنوعة من الأعداد « الخيالية » ، رغم أن لينيز قد بين سنة 1677 بأن العدد $\sqrt[3]{a+bi} + \sqrt[3]{a-bi}$ هو عدد حقيقي⁽¹⁾. وخلال النصف الأول من القرن الثامن عشر أدى تحسين وسائل حل المعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة ، وأدى تدخل الأعداد المعقدة ، بصورة كبيرة في دراسة الدالات المختلفة ، وفي مختلف التجذيرات التسلسلية ، إلى ضمان أكبر في الاستعمال ، ضمان قائم على القناعة بالطبيعة الموحدة لهذه الأعداد . وتم اجتياز خطوة حاسمة من قبل دالمبير الذي أكد ، سنة 1746 في « افكار حول السبب العام للرياح » (نشر سنة 1747) ان كل دالة ذات عدد اوعدة اعداد يمكنها ان توضع بشكل $a + bi$ (والرمز i يعني $\sqrt{-1}$ الذي ادخل من قبل اولر سنة 1777 وكان غوس اول من استعمله بشكل منهجي) . ورغم ان تبين دالمبير ، الذي اخذه عنه اولر انما بأشكال أخرى ، ولاغرانج الخ ، رغم عدم كفاية الدقة في هذا التبيين ، فقد اقتنع به معاصروه ، مما فتح المجال امام النظرية التحليلية التي سوف يطورها كوشي في القرن التاسع عشر . وهناك طريقة أخرى ، تمثل الأعداد المعقدة جيومترياً ، وهي طريقة عرفها وِليس Wallis سنة

(1) استعمل لينيز هذه الغاية تمهيداً لثبات تسلسلية . وما يشار اليه انه منذ 1572 بين ر. بومبلي R. Bombelli في الجبر

ان $\sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} + \sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}} = 4$

1673 ، ويمكن ان تعطي أساساً متيناً لاستخدام هذه الأعداد . ولكنها رغم ايضاحها سنة 1797 من قبل الدانماركي ك . ويسل C . Wessel ، فإنها لم تنتشر الا بعد ان اعاد اكتشافها مؤلفون آخرون في بداية القرن التاسع عشر .

انتشار مفهوم اللوغاريثم : ارتبطت مسألة إقرار الاعداد المعقدة في القرن الثامن عشر ، بشكل وثيق ، بمسألة ادخالها في دراسة الدالات اللوغاريثمية والتريغونومترية والاسية .

وبمناسبة تكامل الكسور الجذرية اضطر لينيز وجان برنولي سنة 1702 وج . س . فغنانون G . C . Fagnano ، سنة 1716 ، بالطبع إلى الوصول لمفهوم اللوغاريثم ، لوغاريثم العدد الخيالي . ولم ينش هؤلاء من استخدام هذه الفكرة ولكن تجديدهم الجريء اثار جدلاً حاداً حول طبيعة لوغاريثمات الاعداد السلبية أو « الخيالية » :

أولاً بين لينيز وجان برنولي في سنة 1712 — 1713 ، ثم بين هذا الأخير وأولر Euler ، بين 1727 و1731 ، وأخيراً بين أولر ودالمبير في سنة 1747 — 1748 . وتوضح مذكرتان لأولر نشرتا سنة 1751 ، بصورة نهائية المسألة وذلك بتبيان ان العدد n الحقيقي او الخيالي له عدد غير محدد من اللوغاريثمات وكلها خيالية ، باستثناء واحدة عندما يكون n إيجابياً .

ودراسة الدالة اللوغاريثمية اصحابها التغير الرئيسي . فقد كانت الطرق الثلاثة المستعملة حتى ذلك الحين هي : الطريقة القديمة أي طريقة مقارنة التصاعدات الحسابية والهندسية ، ثم استعمال تجذير تسلسلي ، وأخيراً التعريف المعتبر كأولي . ودراسة الدالة الجذرية من قبل وليس ونيوتن وجان برنولي دلت على ان الدالة اللوغاريثمية كانت عكس هذه الدالة الجديدة ذات الصفات البسيطة بشكل خاص . واقترح و . جونز W . Jones ، في سنة 1742 دراسة الدالة اللوغاريثمية انطلاقاً من هذا التعريف ، العرف الذي ، بعد ان نشره اولر سنة 1749 ، تعمم بسرعة . نشير أيضاً ان الترقيم كقاعدة اللوغاريثمات النيبيرية يعود الفضل فيه إلى أولر الذي بين أيضاً أهمية e و e^2 .

الأعداد المعقدة والتريغونومتريا الجديدة : وبالمقارنة دخلت الأعداد المعقدة بشكل باهر في مجال التريغونومتريا . ومن الصيغة الشهيرة $z = \log (\cos x + i \sin x)$ التي عبر عنها سنة 1714 روجر كوت cotes ، استخرجت صيغتان اساسيتان : $(\cos x + i \sin x)^n = \cos nx + i \sin nx$. صيغة استعملت سنة 1730 من قبل دي موافر ، وفيها n عدد صحيح $e^{iz} = \cos x + i \sin x$ وقد صاغها أولر Euler سنة 1748 .

ونحن ندينون أيضاً لـ « أولر » بصيغ أخرى مهمة منها التعبيرات $\cos x$ و $\sin x$ بشكل امسي : $\cos x = (1/2)(e^{ix} + e^{-ix})$ و $\sin x = (1/2i)(e^{ix} - e^{-ix})$ ، والعبارة $e^{i\pi} = -1$ ، التي تربط بشكل بسيط جداً العددين الاكثر شهرة في التحليل .

واصبحت التريغونومتريا بعد ان تخلت عن كل سند جيومتري ، اصبحت فرعاً من نظرية

الدالات ، ذات الرباط المتين بالدالة الجذرية واللوغاريتمية . والتجذيرات التسلسلية التي حصلت في القرن الماضي ، ثم التفكيك عن طريق تريغونومتري للصيغة : $x^n - 1$ إلى عواملها الحقيقية من الدرجة الأولى والدرجة الثانية تفكيك حققه ر . كوت R . Cotes . يمكن ان يسمح بتوقع هذا التوجه الجديد . وفي كتابه : « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » اعطى اولر للتريغونومتريا شكلها الحديث ، وذلك بتعريف الدالات التريغونومترية ، كعلاقات ، أخذاً مع لاغني Lagny ، الجيب Sinus totus الذي يساوي 1 ، ومعطياً للصيغ تمثيلها العصري ، ومستعملاً التجذيرات كسلاسل وكحواصل ضرب غير متناهية لمختلف الدالات التريغونومترية . تذكر أيضاً بالتأكيد الواضح الذي حصل من قبل فانتت لاغني Fantet de Lagny سنة 1719 بالنسبة إلى دورية الدالات التريغونومترية ، والاعلان عن عدة صيغ جديدة من قبل ف . ف . و . اوبل F.W.Oppel و ت . سميسون Th.Simpson إن التريغونومتري الكروية ، والتي اعطاها اولر أيضاً شكلاً شبه حديث ، طورها أيضاً كورت ولامبير ، ولكسيل ، وليجندر ، ولابلاس ، اما من وجهة نظر تحليلية خالصة ، واما نظراً لتطبيقاتها الجيوديزية والفلكية .

وقدم كل من ج . ماشين J . Machin ، وج . هيرمن J . Herman ، واولر Euler ، سائر في الدرب الجديد الذي فتحه فيات Viète ، تعابير جديدة لـ π ، سواء بشكل مجموعات او بشكل حاصلات ضرب لامتناهية ، اتاحت تحديد اكبر عدد من الأرقام في تجديدها . في حين ان ترقيمها الحديث (π) ، من ابتكار و . جونز W . Jones سنة 1706 وكان قد اذاعه واشاعه اولر ، فإن لامبير بين سنة 1761 عدم جذرية (اصحية) هذا الرقم . ورغم ان استحالة تربيع الدائرة لم تثبت إلا سنة 1882 من لدنمان Lindeman ، فإنه منذ 1775 رفضت اكاديمية العلوم في باريس رفضت ان تنظر في كل مذكرة مخصصة اما بهذا الموضوع او بتربيع المكعب او تجزئة الزاوية . ويدل هذا القرار على تقدم الدراسات في هذا المجال .

ضمن هذا الترتيب من الأفكار ، يتوجب علينا الاشارة إلى إدخال الدالات الايروبولية من قبل ف . ريكاتي V.Riccati سنة 1757 ، دالات أثبتت دراستها من قبل والاس ولامبير (1768) قريبا من الدالات التريغونومترية .

3- الحسابات غير المحدودة

دراسة السلاسل : قدم النجاح الهائل لنظرية السلاسل إلى الرياضيين في أواخر القرن السابع عشر جملة من التطورات البغية جداً . ولهذا عمل تابعوهم على الافادة الواسعة من هذا المخزون الذي ساعدوا في انتشاره . وحصلت نتائج تقنية مهمة بفضل براعة وبفضل تجرد بعض الرياضيين امثال جان برنولي واولر في استخدام هذه الأداة . ولن نذكر من هذا الا بعض الامثلة : سلسلة تايلور Taylor ، التي بررها مخترعها باستنتاج جريء ، والتي لعبت دوراً أساسياً في إنتاج لاغرانج . سلسلة مزوج

الحديد التي عبر عنها وأدخلها نيوتن سنة 1676 ، في الحالة العامة حالة الاس الحقيقي ، وقد استعملت استعمالاً واسعاً قبل ان تين بشكل دقيق وانيق من قبل اولر سنة 1773 ، ثم من قبل ابل Abel ، في حالة الاس المعقد . تمجيز الدالة الاسية التي بين اولر في سنة 1748 انه يساوي ، عندما يكون n لا متناهيًا ، حدّ العبارة $(1 + x/n)^n$.

ولم يستطع اشهر رياضي تلك الحقبة رغم براعتهم الحسابية ان يتجنبوا المصاعب المرتبطة باستعمال التجذيرات اللانهائية وهي صعوبات كانوا يقدرونها اقل من قدرها بل ربما لا يرونها . ومع الاعتراف بتفارق السلسلة المتوافقة ، تفارقاً اثبتته جاك برنولي بعد 1689 ، ووجود حالات ايسر ، تقاربية ، لم يخش اولر ولا غرانج استعمال سلاسل نصف متقاربة او متباعدة - ومعنى العبارة : « سلسلة متقاربة » كان في ذلك الحين غير واضح تماماً ولا يتوافق في اغلب الاحيان إلا مع التحقق من كون الحد العام ينتجه نحو الصفر . وعلى هذا ، اكد لاغرانج ان المجموع في السلسلة $\cos x + \cos 2x + \cos 3x + \dots = 1/2$ وبشكل عام اعتبر اولر انه ، بالنسبة الى عدد من القيم يتخذها المجهول x ، يمكن تمثيل الدالة $f(x)$ بمجموع من سلسلة متقاربة . وهذا التمثيل يصح بالنسبة إلى كل قيم x ، التي تكون فيها الدالة $f(x)$ محددة ، حتى ولو كان من المستحيل التثبت ما إذا كان تقارب السلسلة ثابتاً فيها . ايضاً . مثل هذا التصور قد يوقع في التناقضات الظاهرة التي تثير العجب خاصة إذا قبل بها رياضي من مرتبة اولر .

ولهذا ورغم تجاوز حكمه نفهم الآن نقمة آبل من عدم دقة نظرية السلاسل : « إذا استثنينا حالات البساطة الكبرى ، في كل الرياضيات ، فإنه لا يوجد تقريباً أية سلسلة يكون مجموعها محدداً بدقة . وبكلام آخر فإن الشيء الأهم في الرياضيات يكون بلا أساس » (رسالة إلى هولنبو Holmböe 16 كانون الثاني 1826 .) .

وهكذا بعد ان استغل موارد تقنية السلاسل ترك القرن الثامن عشر لورثته مهمة ملحّة ، ادخال الدقة الحقيقية في هذا المجال .

الحاصلات اللانهائية والكسور المستمرة او المتتالية : رغم ان الخواصل اللانهائية كانت معروفة منذ فيات Viète ، فهي لم تستخدم بشكل منهجي إلا من قبل اولر الذي عرف اهميتها واستند من استعمالها نتائج سوف تكشف فيما بعد عن اهميتها البالغة ، سواء في نظرية الدالات ام في نظرية الاعداد .

في هذا المناخ المؤاتي لاستخدام الحسابات اللانهائية ، لم تكن نظرية الكسور المتتالية لتقصر عن أن تكون مفيدة بشكل واسع . واولر الذي كتب عنها عرضاً منهجياً منذ 1737 ، اكمل الترقيمات ، وعمم حساب المصغرات ، واهتم بمسألة التقارب او الالتقاء وتحويل السلاسل إلى كسورات متتالية كما اهتم بالتطبيقات العملية لحل المعادلات الجبرية او غير المحددة . واهتم لاغرانج بشكل خاص ببعض الكسور المتتالية الدورية كما اهتم بتطبيق المعادلات التفاضلية في التكامل .

4 - نظرية الاعداد

بعد النجاح الباهر الذي لقيته في القرن السابع عشر دراسة المسائل الكلاسيكية المتعلقة بتحليل ديوفانت Diophante ، لم تلبث ان تراجعت بسرعة ، واحتلت نظرية الاعداد ، بعد اهمالها لفترة ، مكانة مهمة في أعمال أكبر رياضيين من القرن 18 وهما أولر ولاغرانج .

في سنة 1736 بين أولر القاعدة الصغيرة التي وضعها فرمات Fermat (إذا كانت p أول فان $a^p - a$ قابلة للقسمة على p) ، وهي قاعدة عممها سنة 1760 ، بعد ان ادخل الدالة $Q(n)$ ، عدداً من الاعداد الصحيحة اقل من n وأولية بالنسبة إلى هذا العدد . ونجح سنة 1732 أيضاً في تبين (إذا كانت n تساوي 5) عدم صحة تأكيد فرمات القاضي بأن تكون $2^{2^n} + 1$ دائماً عدداً صحيحاً ، وبين الحالة الخاصة $n=3$ في قاعدة فرمات ، (في سنة 1770 بين لاغرانج حالة $n=4$) . وبعد 1741 اهتم أولر بمسألة التقسيم او التوزيع ، اي تحديد عدد التوزيعات الممكنة للعدد N الى مجموع n من الحدود ، وهي مسألة وسعها في كتابه مدخل الى تحليل اللامتناهيات . وقد بين لاغرانج قاعدة فرمات التي تؤكد بان كل عدد صحيح N هو مجموع اربعة مربعات على الاكثر . ومن جهته بين أولر ان كل عدد اول من صيغة $4n+1$ يمكن ان يفكك بشكل واحد الى مجموع مربعين .

والانجازات التي ادخلها أولر على نظرية وعلى ترقيم الكسور المتتالية اتاحت له ان يحسن حل المعادلة غير المحددة من الدرجة الأولى $ax+by=c$ ، وكذلك حسن حل معادلة بل التي جذرها من قبل وليس وبرونكر . ووجود الجدور في هذه المعادلة الأخيرة بين لاغرانج سنة 1766 .

وفي سنة 1771 اعلن الرياضي الانكليزي ي. وورنغ E. Waring ، بدون تبين سلسلة كاملة من المقترحات حول نظرية الاعداد : تفكيك عدد إلى مجموع مكعبات أو اسات اربعة الخ ، تفكيك كل عدد مزدوج إلى مجموع من عددين أولين (وهي امكانية سبق ان أكد عليها سنة 1742 غولدباخ Goldbach) ، الخ . قاعدة منسوبة إلى ج . ولسن J. Wilson ، ولكنها كانت معروفة لدى ليبنتز ، تؤكد ، في حال وجود p أول ، العدد $(p-1)!$ هو مضاعف لـ p (وقد بين لاغرانج هذا المقترح سنة 1771) .

وأثارت نظرية البقايا التربيعية أيضاً بحثاً مهمة عند أولر ولاغرانج ، وأعلن أولر سنة 1772 سلسلة من المقترحات تعادل قانون التبادل التربيعي الذي صاغه ليجندر نهائياً سنة 1785 وبينه غوس بدقة لأول مرة سنة 1796 . ولكن أعمال ليجندر المهمة والعمل العبقري الذي قام به غوس فتحا بالواقع مرحلة جديدة في تطور نظرية الاعداد ، وهي مرحلة ترتبط بصورة أساسية بالقرن التاسع عشر والتي ستدرس في المجلد اللاحق .

5 - الاحتمالات والاحصاءات

حساب الاحتمالات : عند تأسيس حساب الاحتمالات بين 1654 و 1657 من قبل باسكال

Pascal ، وفرمات وهويجنس Huygens بدأ هذا الحساب بصورة أساسية كتطبيق للتحليل التوافقي لدراسة ألعاب الحظ. وإذا كان النصف الثاني من القرن السابع عشر لم يقدم إلا القليل من العناصر الجديدة ، فبالقابل عملت الإنجازات العديدة الأصلية التي نشرت في مطلع القرن الثامن عشر على تحديد الشخصية الحقيقية لهذا العلم الجديد ، وحددت له عناصره وتطبيقاته العملية الأولى :

وكانت المساهمة الأولى النظرية للقرن الثامن عشر هي « محاولة تحليل » حول ألعاب الحظ ، وضعها ب. دي. مونت مور P . R . de Montmort ، (باريس 1708) الذي قدم العديد من الأيضاحات النظرية ، ومنها تحليل أكثر عمقاً لموضوع المراهات . في سنة 1713 ظهر في بال كتاب بعد وفاة مؤلفه جاك برنولي اسمه « الفن الاحتمالي » ARS conjectandi الذي تضمن مع إعادة طبع له مفسر تحت اسم « راسيوسيني ... » هويجنس Huygens ، فضلاً عن كتاب تحليل توافقي ، يتضمن مداخلات كثيرة مهمة في كل مجالات نظرية الاحتمالات .

ونجد فيه بشكل خاص قاعدة برنولي الشهيرة ، او قانون الاعداد الكبرى ، والمتعلقة بتكرار عدد كبير من التجارب المماثلة . هذه النظرية التي اعطاها لابلاس شكلها النهائي ، والتي تولى تحقيقها تجريبياً بوفون Buffon ، وبواسون Poisson ، كشفت بصورة تدريجية عن اهميتها الاستثنائية في مجال التطبيق . والأعمال التي قام بها ، بشأنها موافر وستيرلنج Stirling ، ومكلورين Maclaurin ، وأولر Euler اتاحت الحصول على العديد والمهم من النتائج التحليلية ، مثل صيغة التقريب المسماة صيغة ستيرلنج : $s! = s^s e^{-s} \sqrt{2\pi s} (1 + \epsilon)$ ، التي اكتشفها موافر وستيرلنج سنة 1730 . نشير أيضاً إلى المدخل الذي وضعه جاك برنولي بمناسبة جمع اللاسات P^s للاعداد الصحيحة الأولى وللاعداد المسماة اعداد برنولي .

وتصور ابراهام موافر ، Abraham de Moivre ، وهو بروستتي فرنسي لجأ إلى لندن عملاً أكثر أهمية . وفي العديد من المذكرات ، وبخاصة في (نظرية الحظوظ) : او طريقة في حساب الاحتمالات في اللعب (لندن 1718 ، ط 2 ، 1738) ، وفي كتابه « اقساط الحياة » 1725 ، وفي تحليلات مختلفة 1730 اوضح موافر مبادئ حساب الاحتمالات وطور العديد من المسائل التطبيقية . وعلى هذا اعلن قاعدة الاحتمالات المركبة ، وشرع في استعمال المعادلات ذات الفروقات المتناهية والتي سوف تتعمم خلال القرن .

وفي سنة 1738 باشر دانيال برنولي بدراسة مسألة كان نيكولا برنولي قد طرحها سنة 1713 . وأصبحت مشهورة تحت اسم « مغالطة سان بطرس برج » .

هذه المسألة يمكن ان تعرض على الشكل التالي . A و B يلعبان بالطره والنقشة المحكومة بالقاعدة التالية ، إذا جاءت النقشة في الضربة الأولى يعطى A لـ B فرنكاً واحداً ... وإذا جاءت النقشة في الضربة n يعطى A لـ B 2^{n-1} فرنك . ما هي امال B رياضياً بالربح ؟

ودل تطبيق أي لمبادئ حساب الاحتمالات ان امال B رياضياً يجب ان يكون غير محدود ، وهذا

امر غير مقبول ولا يمكن افتراضه . ومن اجل محاولة حل المسألة بشكل يلائم الخس التسليم ، ابتكر دانيال برنولي نظرية جديدة مبنية على اساس سيكولوجية متينة نوعاً ما لقاء القيمة المادية المطلقة لربح مالي ، قدم القيمة الادبية التي ، تطابق المكاسب الفعلية التي يمكن الحصول عليها ، هذه القيمة الادبية تتعلق بأن واحد بالمبلغ المادي ، وبالثروة المسبقة لمن يتلقى هذا المبلغ . ومع ذلك فقلما طبقت هذه النظرية رغم ان لابلان قد تبناها .

لقد وضعت مسألة تحديد احتمالية الأحداث بالمفاعيل الملحوظة ، ضمن مذكرة صدرت بعد وفاة مؤلفها الانكليزي توماس بايس Thomas bayes (1763) . وتولاها فيما بعد لابلان في مذكرة سنة 1774 ذكر فيها بشكل نهائي قاعدة بايس Bayes واستخرج منها العديد من التطبيقات . ومزجت هذه القاعدة بالقواعد المتعلقة بالاحتمالية الشاملة والاحتمالية المركبة ، فأتاحت لابلان ولـ كوندورسيه Condorcet ، تقدير احتمالية العديد من الاحداث بالامتناد إلى نتائج الملاحظات السابقة .

وظهر التدخل الأول للمتغير المتتالي ، في مسائل الاحتمالات ، في قضية عاجلها بوفون Buffon ، سنة 1733 وعاد إليها سنة 1777 بشكل اشتهر بمسألة الابرة (الحساب الاخلاقي : ملحوظ بالكتاب 4 من التاريخ الطبيعي) . هذا المثل الأول من الاحتمالية الجيومترية يدل على ادخال العد التكاملي في مسائل الاحتمالات . وفي سنة 1760 أكد دانيال برنولي بشكل باهر قوة المناهج اللامتناهية التي ععم لاگرانج ولابلان وغوس استعمالها .

ومن التطبيقات العملية الأكثر أهمية في حساب الاحتمالات ، البحث في التركيبية الأكثر جدوى ، تركيبة النتائج التي تقدمها سلسلة من القياسات ، وقد عاجلها ، ر. كوت R. Cotes (1722) الذي زود مختلف الملاحظات باوزان مختلفة ، في حين اوصى كل من سمسون ولاگرانج ولابلان باختيار المتوسط الحسابي . وكان قانون المربعات الأقل ، الذي صاغه ليجندر سنة 1806 ، قد اثبت سنة 1809 من قبل غوس الذي انشأ نظرية حققة حول اخطاء الملاحظة ثم اعلن القانون الشهير الذي حمل اسمه .

بعض التطبيقات : عرفت نظرية الاحصاءات في القرن 18 تطوراً سريعاً . وبعد 1570 اهتم كاردان Cardan بالاحصاءات المتعلقة بمدة الحياة البشرية . في سنة 1662 ، نشر جون غرونت John Graunt جداول وفيات نظمت سناً لسجلات الوفيات المسوكة في لندن منذ 1592 . واهتم هويجنس Huygens (1669) ، وجان ويت Jean Witt (1671) ايضاً بهذه المسألة . ونشرت اولى الجداول الموسعة سنة 1693 ، من ادمون هالي Edmund Halley ، الذي درس تطبيقها على مسألة التأمينات على الحياة . وفي حين شوهه ، في القرن 18 ، غوس سريع ، - وخاصة في انكلترا - في مجال التأمينات على الحياة والتأمينات البحرية ، اتاحت الاكتشافات الجديدة النظرية ، وبصورة خاصة توضيح وتطبيق قانون الاعداد الكبرى - اتاحت تحليلاً معمقاً لهذه التطبيقات ؛ نذكر بهذا الشأن اقساط التأمين على الحياة (1725) لموافر ثم « تجربة حول احتمالات الحياة البشرية » - (1746) -

1760) لـ A. Deparcieux. في النصف الثاني من القرن ، تقدمت الدراسات الديمغرافية بفضل اولر ولا بلاس الخ . وخاصة بفضل كوندورسيه Condorcet ، واهتم هذا الأخير أيضاً بمسائل الحساب السياسي : تحديد اساليب الانتخاب الاكثر عدالة . تأثير تأليف لجان المحلفين على قرارات العدالة ، الخ . . (تجربة حول تطبيق تحليل احتمالات القرارات المتخذة بأكثرية الاصوات ، باريس 1785) ، مسائل دقيقة للغاية قام لا بلاس بتوسيعها بدوره في كتابه « تجربة فلسفية » . ورغم سبقها لأوانها ، بفعل عدم كفاية الوسائل النظرية المتاحة له وبفعل جزئية خطأ استنتاجاته ، تستحق محاولة كوندورسيه Condorcet ، لتشكيل رياضيات سياسية واجتماعية دراسة اكثر تعمقاً من الدراسة التي خصصت لها : اذ تبدو ، من بعض النواحي كما لو كانت تعلن عن البحوث الحديثة حول البحث العمليّات وحول « نظرية اللعب » .

نشير أيضاً في مجال مجاور إلى النقاش الذي حصل فيما بين 1760 و 1769 بين دالمير ودانيال برنولي حول مسألة طيبة كانت يومئذ شائعة ذائعة ، وهي مسألة جدوى التطعيم (1) . رغم ان هذا النقاش لم يؤد إلى قرارات حاسمة ، فيما يخص المسألة المدروسة ، إلا انه ادى على الأقل إلى إظهار جدوى ومصاعب التحليل عن طريق احصاء بعض المسائل البيولوجية والطبية .

عمل لا بلاس Laplace : في سلسلة من المذكرات نشرت بين 1771 و 1818 نسقت نتائجها ضمن « النظرية التحليلية للاحتتمالات » (باريس 1812) ، قدم لا بلاس مساهمات مهمة سواء فيما يتعلق بمبادئ ومناهج حساب الاحتمالات ام في مختلف تطبيقاتها . فنص وتبين كل نظرية ، وحل وتطبيق كل مسألة كلاسيكية عرضت فيها وقدمت ضمن تركيب يتوج كل انتاج القرن في هذا المجال . فالأمس السيكلوجية لحساب الاحتمالات معروضة بشكل واضح جلي ، في حين ان نظرية جديدة ، هي نظرية الدالات المولدة ، تستخدم كأساس لكل العرض النظري . وارتأى لا بلاس أيضاً تطبيق العلم الجديد على المسائل الديمغرافية ، وعلى بعض المسائل الحقوقية ، وعلى بعض المسائل العلمية المتنوعة جداً ، مثل شرح التفاوت في تحركات الكواكب ، والانحدار الأوسط في المدارات الكوكبية ، وتوزيع الكواكب فوق الكرة السماوية ، ونظرية الأخطاء الخ . . وفي كتابه « تجربة فلسفية حول الاحتمالات » (باريس 1814) المعاد طبعه كثيراً ، يقدم لا بلاس عرضاً أولياً لهذا الكتاب . واقتضى هذان الكتابان ، شكل فخم ، هذه الحقبة ، حيث اصبح حساب الاحتمالات يشكل علماً مستقلاً .

III - تجديد الدراسات الجيومترية

كما ان انشاء الجيومترية التحليلية ادى إلى التخلي شبه الكامل عن بحوث الجيومترية الخالصة ، كذلك عمل نجاح الحساب الجديد على توجيه الرياضيين نحو دراسات ذات منحى تحليلي .

في حين أن الجيومترية، ظلت قطاعاً تطبيقياً متميزاً، إلا أن الجيومترية اللامتناهية ومرتكرها

(1) راجع بهذا الخصوص دراسة في الكتاب 3 ، الفصل 3 من هذا القسم .

الجيومتريا التحليلية ، أصبحت موضوع العديد من الأعمال . في العقود الأخيرة من القرن ، وبتأثير من غاسبار مونج Gaspard Monge ، حصل تجديد غير متوقع في الجيومتريا الخالصة ، تجديد سوف يغير في مناخ مجمل البحوث الرياضية ، وامتد حتى القرن التالي .

1 - الجيومتريا الكلاسيكية

تطور الكتب المدرسية : ان توسيع تعليم الرياضيات خلال القرن 18 أدى إلى نشر العديد من الكتب المدرسية الجيومترية ، والتي قدم بعضها عناصر تجديد لا تنكر . في انكلترا ، في حين استمرت ترجمة عناصر اقليدس Euclide ، بقلم بارو Barrow (1655) تطبع وتعاد طباعتها حتى سنة 1751 ، عرفت ترجمات اخرى نجاحاً حياً ، ومنها ترجمات ج . كيل J. Keil (1708) ور . سيمون R . Simson (1756 ، حوال 30 طبعة) واقتباس ج . بليفير J . Playfair (1795) . وفي البلدان الأخرى الغربية ، تخلت غالبية الكتب المدرسية التعليمية عن الدقة وعن الشكلية الاقليدية ، لكي تعتمد عرضاً أكثر تجديداً ، وفضل ملائمة للاهتمامات التربوية . وفي حين ارتدى التعليم في ألمانيا صفة عملية خالصة ، كانت الكتب المخصصة للمطبعين ، في فرنسا ، مثل كتاب س . لكلرك S. Leclerc ، تنافس كتباً أخرى كانت ، بحسب المثل الذي قدمه راموس (1569) Ramus وانطون آرنولد Antoine Arnauld (1667) ، تحاول عرض مبادئ الجيومترية بشكل طبيعي أكثر من اقليدس . ولم يأنف كليرو Clairaut من نشر « العناصر الجيومترية » (باريس 1741) ، حاول فيه ، وهو يرفض كل دقة شاقة ، وبعد اللجوء إلى الحدس ، ان يعود إلى طريق الاكتشاف . وساعد نجاح الافكار الموسوعية وحساسية كوندياك على نجاح هذه الطريقة الجديدة ، التي لاقت ، مع ذلك ، معارضة واضحة ، في آخر القرن . هذه العودة إلى الدقة برزت من خلال كتابين اثرت طبعاتها العديدة وترجماتها بشكل دائم في تعليم الجيومتريا في العديد من البلدان وهما : عناصر الجيومتريا لـ « ليجندر » (ط 1 ، باريس 1794) و« العناصر » لـ س . ف . لاكروا S . F . Lacroix (ط 1 باريس 1799) .

الفحص الانتقادي لبديهية المتوازيات : في هذه الأثناء ، وعلى مستوى أعلى ، جهد بعض المؤلفين ، في تحسين دقة العمل الاقليدي ، وبصورة خاصة ، إزالة الغموض الذي يحيط بالبديهية الخامسة الشهيرة ، حول المتوازيات .

في سنة 1693 ، ترجم ج . واليس J. Wallis رسالة نصير الدين الطوسي Nasir al-din al-Tusi (القرن 13) حول البديهية الخامسة ، وبين ان هذه البديهية تعني القول بأن كل صورة لها صورة مشابهة ذات أبعاد كيفية ، وفي سنة 1733 ، حقق كتاب « اقليدس منظم من كل عيب » لليسوعي الايطالي جيرولامو ساكيري Girolamo Saccherie ، تقدماً أوضح في فهم الطبيعة والدور الاسامي لهذه البديهية في بنيان العمارة الجيومترية .

وإن كان ساكيري قد انتهى أخيراً إلى صحة البديهية ، إلا أنه كان أول مؤلف يجرؤ على مواجهة دحضها ، وإلى استخلاص العديد من النتائج من هذه الفرضية . ورغم الأخطاء الموجودة في هذا المؤلف ، فإنه يشر بتكوين بناءات منطقية مستقلة عن البديهية الخامسة . إلا أن قلة انتشاره لم تنع له التأثير في الأعمال اللاحقة .

وفي كتاب له ، نشر بعد موته (نظرية المتوازيات 1786) يتساءل ج . هـ لامبير بدوره حول صحة البديهية المشهورة ، ويبيّن أن الجيومتريا الكروية ، والجيومتريا حول كرة خيالية ، تتيحان تصور نتائج دحضها ونفيها . في سنة 1795 عمم ج بليفيير J. Playfair ، مستعيداً فكرة لبروكلوس Proclus ، صيغة جديدة للبديهية ، أصبحت الآن كلاسيكية ، في حين أوضح ليجنندر ، في مختلف طبعاات « عناصره » أوجهاً مختلفة لنظرية المتوازيات ، رابطاً بصورة خاصة صحة البديهية بكون مجموع زوايا المثلث الداخلية تساوي 180 درجة . ولكن جدوى هذه البحوث سوف تنكشف شريعاً بأعمال مبدعي الجيومتريات غير الإقليدية : غوس ولوبا تشيفسكي Lobatschevski وبوليا Bolyai الذين سندرسهم في المجلد اللاحق .

البعد و الرسم المنظوري Perspective - وهناك ثورة أخرى في مجال الجيومتريا حصلت في القرن 18 : وهي حصول تحولات جيومترية أدت ، في القرن اللاحق ، إلى خلق الجيومتريا الحديثة .

تقنية تعود أصولها الى ما قبل التاريخ ، هذه الرؤية قلماً درست ضمن مظهرها الجيومتري الاساسي إلا إنطلاقاً من القرن 15 ، حين جمع مختلف الفنانين الإيطاليين ، لورنزو جبرتي Lorenzo Ghiberti وفيليبو برونلشش Filippo Brunelleschi ، وليو باتستا البرتي Leo Battista Alberti ، وبيرو دلا فرانسيسكا Piero della Francesca ، وليونار دا فينشي Léonard de Vinci ، وبنفثيتو سيليني Benvenuto Cellini ، العناصر الأولى لنظرية حول البعد ، ليستخرج منها طريقة تصويرية graphique بسيطة وعقلانية . في سنة 1505 عرض جان بليرين Jean Pélerin بوضوح أسلوب نقطة الحرب . ونشر العديد من كتب المعالجات الأخرى في القرن 16 من قبل : دوبر (1525) ومن قبل إيطاليين آخرين : كوماندينو Commandino (1558) ، د . بارباور D. Barbaro (1559) ، جاكوبو باروزي وي دانتي Jacopo Barozzi et E. Danti (1582) ، وغيدو بالدو دل موني Guido baldo del Monte (1600) الخ .

وفي القرن 17 انتقل « البعد » إلى البلدان المنخفضة مع ستيفن Stevin (1605) وسالومون دي كوس Salomon de Caus (1612) ومع فر . ديغيون Fr. d'Aiguillon (1613) ومارولوا Marolois (1614) ثم إلى فرنسا ، حيث صدرت فورة من الكتب حول البعد ، أغلبها موجه ، نحو التطبيقات العملية : ج . ل فوليزارد J. L. Vaulezard (1631) وج . آلوم J. Aleaume (1643) ، وج . دوسريل J. Dubreuil (3 مجلدات 1642-1649) ، وآ . بوس A. Bosse (مجلدان 1648 - 1653) ، الخ . وأول كاتب فهم بوضوح دور البعد ، بإعتباره إسقاطاً مركزياً ،

وما يمكن أن يلعبه في الجيومتريا هو جيرار ديزارغ الذي وضع في «مسودة المشروع» (1639) أسس الجيومتريا الإسقاطية في المخروطات⁽¹⁾. وحاول أيضاً أن ينشر في عالم الممارسين طرق بعد أكثر دقة. ولكن رغم تأييد الثلاثة: بوس، باسكال وفي. دي لاهير Boss, Pascal et Ph. de la Hire، لم تلاق محاولة ديزارغ Desargues إلا القليل من الصدى. وفي إنكلترا، لم يبدأ التجدد الجيومترى الذي بعثه نيوتن وكأنه قد امتد إلى التطبيقات.

إلا أن القرن 18 شاهد عديداً من الرياضيين يهتمون بحماس بمبادئ البعد، وينشرون كتباً ممتازة: غرافساند Gravesande (1711)، وبروك تايلور (1716 - 1719) وج. هلامبير (1759 - 1774). وهذا المؤلف الأخير، الدائم والعميق الأصالة، استطاع أن يسيطر على مجمل الأسس الجيومترية للرسم المنظوري والتقنيات البيانية القريبة. وأنه في بداية القرن 19 فقط أخذت الطرق البيانية تعود إلى الظهور في مجال الجيومتريا الإسقاطية. هذا التجدد هو النتيجة المباشرة للجهود الذي بذله غاسبار مونج Gaspard Monge (1746 - 1818) لكي يعيد إحياء مختلف فروع الجيومتريا، وبصورة خاصة، نشر طرق الجيومتريا الوصفية.

نهضة الجيومتريا الوصفية - هذا الفرع الأخير من الجيومتريا ليس خلقاً ابتداعاً من مونج. إذ نجد أمثلة استخدام طريقة الإسقاط المزدوج في «اندرويسنج» لدورر (1525) ثم في كتب «فن تقطيع الأحجار» = (Stéréotomie) لفرزيه Frézier (3 مجلدات 1737-1739؛ مجلدان 1760). ولكن أي مؤلف قبل مونج، لم يعرف كيف يوضح مبادئ هذه التقنية، وتطوير طرقها، ثم تعيين كل تطبيقاتها المثمرة، سواء في مجال التقنيات أم في مجال الجيومتريا الخالصة وحتى في الجيومتريا اللامتناهية. وإذا كان مونج قد علم الجيومتريا الوصفية منذ ما قبل 1770 لتلامذة مدرسة الهندسة في ميوزير واستخدمها في عدة مذكرات لاحقة إلا أنه لم يقدم عنها عرضاً إجمالياً إلا في كتابه «جيومتريا وصفية» (باريس 1799) الذي أورد نصوص دروسه إلى تلامذة مدرسة دار المعلمين سنة 1795. وأصبح هذا الفرع الجديد للجيومتريا كلاميكياً في الحال. ونشره تلامذة مونج بسرعة فائقة، مع إعطائه أحياناً صفة خصوصية ربما كان الجيومترى الكبير يرفضها. وبهذا الشأن، ليست الجيومتريا الوصفية بالنسبة إلى مونج إلا مظهراً من مظاهر نظرية الإسقاطات، وأداة مزدوجة الفعالية، أهميتها في مجال التقنيات البيانية، لا تنسي الجدوى الجيومترية الخالصة. وإذا كان مونج لم يطور في مؤلفاته النظرية العامة للإسقاطات، فإنه على الأقل قد وضع لها الأسس في تعليمه الشفوي. ولهذا سوف يقوم تلامذته المباشرون بالدراسة المنهجية للإسقاطات في الجيومتريا.

إنجازات متنوعة - هناك مساهمات أخرى للقرن 18، وإن تكن موزعة ومشتقة، تستحق الإشارة إليها. فالإبتكارات الجيومترية المستحدثة فقط بواسطة البركار، والتي سبق ودرسها ج. موهر G. Mohr سنة 1672، نظرها، بشكل مستقل ل. ماشيرون L. Mascheroni الذي ترجم كتابه

(1) راجع أعلاه الكتاب 1، الفصل 1 من هذا القسم.

« جيومتريا البركار » (بافي 1797) إلى الفرنسية بعد 1798 بدعم حاسي من بوناپارت Bonaparte . أما المبتكرات بواسطة المسطرة والدائرة ذات الشعاع الثابت ، التي سبق ونظر بها موهر Mohr سنة 1672 ، فقد درسها سنة 1774 لامبير . وقد عرفت نجاحاً واسعاً في مطلع القرن اللاحق . وكذلك نظرية المستقيمت المستعرضة ، التي ساهم فيها ج . سيفا G. Ceva سنة 1678 مساهمة شهيرة سوف تكون موضوع بعض الدراسات قبل أن ينظر فيها بشكل أعم من قبل لازار كارنو Lazare Carnot سنة 1806 . نشير أيضاً إلى أعمال متنوعة حول جيومتريا المثلث (أولر ، ولاس ، الخ) ، حول مواضيع بنائية ، مثل المسائل الشهيرة التي وضعها كاستيلون Castillon ومالغاتي Malgatti . ونذكر أيضاً إعادة اكتشاف العلاقة التي سبق وعرفها ديكارت والتي تربط عدد الوجوه والذروات وحفاني متعدد الأوجه المحدد ، وذلك في سنة 1752 .

ويتأثير مستمر من نيوتن ، اهتمت المدرسة البريطانية كثيراً بالجيومتريا الكلاسيكية . ونيوتن وإن لم يخصص دراسة شاملة للهندسة الخالصة ، إلا أنه استخدمها إستخداماً واسعاً في أعماله : من ذلك أن كتابه « المبادئ » يحتوي سلسلة مهمة من القواعد حول تولد المخروطات ؛ نذكر أيضاً توليده عن طريق الوسم التطوري لمختلف أنواع المكعبات إنطلاقاً من خمسة أنماط من البارابولات المتباعدة . والدراسة الحديثة ، وكذلك النشر الجاري حالياً لمخطوطات رياضية تنسب إلى نيوتن ، من قبل د . ت . ويتسايد D. T. Whiteside ، تدل على أهمية البحوث التي أجراها مؤلف كتاب المبادئ ، في مجال الجيومتريا الخالصة ، وبصورة خاصة الجيومتريا الإسقاطية .

ويؤدي تحليل هذه النصوص إلى اعتبار نيوتن كواحد من أعظم ممثلي المدرسة الإسقاطية في القرن السابع عشر . ولتوضيح موقفه لا بد من إيضاح تبعيته المحتملة لنجاء ديزارغ ويسكال وف . دو لاهير ، ثم تقييم التأثير الذي أحدثته ، بشكل مباشر ، على تطوير الفكر الجيومتري البريطاني ، أعماله التي بقيت بشكل مخطوطات .

وعلى كل ومع الإكفاء بتأثير منشورات نيوتن ، يجب القول أن عدة قواعد وضعها ، عمت من قبل كوت أو ماكورين . وقد عرض هذا الأخير في كتابه جيومتريا أورغانيكاً 1720 ، نظرية جديدة في وصف المخروطات كما قام بدراسة بعض المنحنيات ذات الدرجة العالية (مثل المنحنى اللبلاي ، المستروفييد ، متساوية الأبعاد) . وعمم أيضاً القاعدة الشهيرة المتعلقة بالهكاغرام المستور لباسكال ، في حين أن تلميذه م . ستوارت M. Stewart نشر العديد من القواعد الجديدة التي يتعلق بعضها بنظرية العرضيات .

هذه النتائج المختلفة ، الحاصلة بدون خطة شاملة ، وجدت كل معانيها فقط في القرن التاسع عشر ، وذلك بمناسبة إقامة الجيومتريا الحديثة . إلا أنها - أي هذه النتائج ، وعلى موازاة الجهد الأكثر منهجية الذي بذله مونج - تدل على تجديد أكيد للاهتمام بمسائل الجيومتريا الخالصة .

2- الجيومتريا التحليلية

في بداية القرن الثامن عشر كانت الجيومتريا التحليلية ما تزال تحت تأثير واضح من أفكار ديكاروت . فقد تصور هذا الأخير ، هذا العلم وكأنه تطبيق للجبر على الجيومتريا ، - إسمٌ احتفظت به الجيومتريا حتى مطلع القرن التاسع عشر - أي كتنقية ذات بنية جبرية متكيفة مع حل المسائل ذات الجوهر الجيومترى ، المسائل التي لا تدخل في الحقل العادي التطبيقي للخصائص الكلاسيكية المستمدة من كتاب العناصر لإقليدس .

فالمنحنيات لم تدرس لذاتها ، سنداً لمعادلاتها ، والإهتمام أنصب تقريباً على المعادلات التي بدت كحلول لمسائل جيومترية ، وفي هذا فهم يؤدي عملياً إلى إستبعاد العناصر من الدرجة الأولى مثل المستقيمات والمسطحات ، بإعتبارها مرتبطة مباشرة بتحليلات الجيومتريا الخالصة .

فضلاً عن ذلك لم تكن الجيومتريا التحليلية الفضائية موضوع أية دراسة ، وإستعمال محور وحيد ، على السطح ، يدخل تفارقاً (dissymétrie) مصطنعاً بين الاحداثين . ويفضل الدراسة المنهجية للمنحنيات السطحية ، عن طريق تفحص المسائل ذات الأبعاد الثلاثة ، وبعد ترتيب المبادئ الأساسية ، حقق القرن الثامن عشر الانتقال من تطبيق الجبر على الجيومتريا ، إلى الجيومتريا التحليلية الحديثة .

نظرية المنحنيات السطحية . - في حين استعمل نيوتن في كتابه : ارثيمتيكا اونيفرساليس (حرره حوالي 1684 ونشر سنة 1707) ، استعمالاً منهجياً للاحداثيات السلبية ، وأدخل طريقة الأسات غير المحددة ، وذلك في كتابه « التعداد » . . . (كته سنة 1695 ونشره سنة 1704 كملحق في كتابه البصريات) ، واستخدم الطرق التحليلية في دراسة المكعبات .

وقسم هذه المنحنيات إلى 72 نوعاً - والسته الأخرى سوف يكشفها شارحوه - وورع الأنواع إلى أصناف وإلى طبقات . وأوضح أن كل هذه المنحنيات يمكن أن تنشأ ضمن الرسم المنظوري ، إنطلاقاً من خمسة منها . وأكمل نيوتن أيضاً طرق تحديد المماسات ذات الفروع اللامتناهية وكذلك طرق تحديد المنحنى ، وأدخل دراسة المنحنى المجاور لنقطة ، بواسطة تمجيز تسلسلي للأسات . وقام العديد من تلامذته ، ومن بينهم ستيرلنج Stirling وماكلورين Maclaurin باستكمال هذه الدراسة للمكعبات ، في حين قام ديونيس سيجور Dionis ، وغودين Goudin ، وورنغ Waring ، وف. ريكاتي V. Riccati ، وسالاديني Saladini بدراسة تحليلية للمنحنيات ذات الدرجة العالية .

والعمل الأكثر بروزاً في هذا المجال هو المداخل إلى تحليل الخطوط المنحنية الجبرية (جنيف 1750) لكاتبه غبريل كرامر Gabriel Cramer الذي صنف المنحنيات السطحية بحسب درجة معادلتها ، وركز إهتمامه الخاص على الفروع اللامتناهية وعلى النقاط المفردة . وأثبت كرامر الذي تجنب اللجوء إلى موارد الحساب التكاملي ، أن منحنيّاً من الدرجة n يتحدد عموماً بإعطاء $(n+3)(n/2)$ نقطة ، ولكنه أشار إلى حالات الإستثناء .

وقدم كتاب أولر (مدخل إلى التحليل اللامتناهي) ، أيضاً مساهمة مهمة في نظرية المنحنيات السطحية . وأكد أولر في كتابه على تعادل محوري الإحداثيات ، وهذا المبدأ لم يطبقه أولر إلا بصورة جزئية . وأتاحت له دراسة مسبقة حول تغيرات الإحداثيات أن يصل إلى معادلة مخروط ذي قطرين متزاوجين ، وإلى قطرين رئيسين ، وهذا أسلوب مكث من تصنيف حديث ومن دراسة مفصلة لهذه المنحنيات . والبحث في الفروع اللامتناهية وخطوط التقارب طبق أيضاً في تصنيف المنحنيات من الدرجة 3 و4 . وأتت بعد ذلك الدراسة العامة لشكل المنحنيات ، وتفردتها وإنحائها وللعديد من المسائل التطبيقية . وهذا الكتاب ، وإن لم يحقق نجاحاً ثانياً في الجيومترية التحليلية ، إلا أنه سجل على كل حال إنجازات مهمة ، مركزاً بصورة خاصة ، على الدراسة المباشرة للمنحنيات ، معارضاً بذلك وجهة نظر ديكارت .

بدايات الجيومترية التحليلية الفضائية - بدأ تطبيق الجيومترية التحليلية على دراسة الصور ذات الابعاد الثلاثة والتي نظر فيها ديكارت وفرمات ، ثم من بعدهما ، بشكل ادق ف. لاهير 1679 Ph.de La Hire ، بدأ هذا التطبيق سنة 1700 ، من قبل آ . باران A.Parent الذي اعطى معادلة بعض السطوح ومنها الكرة والايبيرولويد الدائر فوق جزء مغلق من سطح ، واعتبر أن سطوحها متماثلة . وقدم أول كتاب شامل مخصص لتوسيع الجيومترية التحليلية ، وعنوانه «بحوث حول المنحنيات ذات الانحناء المزدوج» (باريس 1731 لمؤلفه آ . ك . كليرو A.C.Clairaut) قدم دراسة منهجية للعديد من أنماط المنحنيات الفضائية والسطوح ، سواء من الناحية الجبرية أم من الناحية اللانهاية ، كما عرض أيضاً هذا الكتاب ، مع العديد من النتائج غير المنشورة من قبل ، طرقاً مفيدة في البحث . وفي سنة 1732 عالج ج . هرمان مسائل متنوعة متعلقة بالسطوح ودرس عدة مساحات وخاصة السطوح الربعية من الدرجة الثانية التي قدم عنها تصنيفاً ما يزال غير مكتمل .

والفصل الاخير من كتاب المدخل لاوُلر ينسّق بين هذه النتائج المختلفة ويدرس تغييرات المستحدثات في الفضاء ، ويقوم بدراسة تحليلية للسطوح من الدرجة الثانية بالمقارنة مع دراسة مخروطات ويقدم التصنيف الاول الكامل لهذه السطوح .

نشوء الجيومترية التحليلية المعصرية - تقدم مذكرة لاغرانش (حول الانحرافات المثلثية 1773) وجهة نظر أكثر حداثة . فقد أراد ان يظهر قوة الطرق التحليلية فقطع كل علاقة ، وبصورة نهائية بالتراث الديكارتي ، مؤكداً على التساوي الكامل للعناصر من الدرجة الأولى ، مستقيمت وسطوح . ونجح هكذا في تبسيط الحسابات وفي تحسين التقييمات وفي عرض النتائج بشكل تناظري وأكثر عمومية .

وفي مذكرات من نفس الحقبة يحل فيها مونج ، بشكل عرضي ، مسائل كلاسيكية متعلقة بالسطوح والمستقيمت ، اعتمد وجهة نظر عمالة . ورمزيته تتلاءم تماماً مع طبيعة القضايا المدروسة . من ذلك انه ركز انتباهه الخاص على الجيومترية المتعلقة بالمستقيم ، وعلى العائلات المستقيمت ذات

البارامتر الواحد او الاثنين (بارامتر = ثابتة) فادخل بعد 1785. الإحداثيات الشهيرة المحورية للمستقيم، والمُسندة الى بلوكر Pluker الذي اعاد اكتشافها سنة 1865. وفي كتابه « اوراق تحليل » 1795 وهي نصوص لدروس اعطيت في مدرسة بوليتكنيك قدم مونج اول عرض شامل حول الجيومترية التحليلية الحديثة . هذه الدراسة المقتضبة جداً تتميز بحس حاد للتناظر ، عن طريق استعمال الطرق الأنيفة والمباشرة ، بفضل رمزية مكتملة التنظيم . وتضمن كتابه « تطبيق الجبر على الجيومترية » والنشور سنة 1802 مع هاشيت Hachette ، وبعناية فائقة ، تضمن تحليلاً معمقاً لتغيرات المستحذات كما تضمن دراسة مفصلة للسطوح من الدرجة الثانية ، تجذر توسع وتوضح دراسة أول .

وبعد ذلك اصبحت الجيومترية التحليلية الابتدائية تعتبر وكأنها قد استكملت خطوطها الكبرى . وكثرة الكتب الحديثة المتداولة ، ومنها كتاب لأكروا 1798، والذي ظهر في فرنسا في مطلع القرن التاسع عشر تدل على ان التقدم المحقق قد هضم أنياً وبصورة نهائية ، مما فتح الطريق امام تطورات جديدة وامام تطبيقات غنية .

3 - تطبيق التحليل على الجيو مريا

البحوث الاولى - رغم الحصول على بعض النتائج الجزئية في السابق ، من المؤكد ان نشأة الجيومترية اللامتناهية هي نتيجة مباشرة لتأسيس التحليل ، وهي احدى تطبيقاته .

واذا كان نيوتن وتلامذته قد فضلوا اللجوء الى الطرق الجيومترية التي كانت عند الاقدمين ، ولم يعودوا يهتمون الا بصورة استثنائية بالتطبيقات الجيومترية للتحليل ، فان مدرسة لينيز بالمقابل ، قد حققت بخلال السنوات الاخيرة من القرن 18 ، في هذا المجال حصداً غنياً جداً ؛ تحديد اشعة المنحنيات ، ونقاط الانكسار ، وتحديد الخطوط المسطورة والخطوط المسطورة ، وغلافات عائلات المستقيمات ذات الثابت ، والمساقط المستقيمة لبعض عائلات المنحنيات ، والخطوط الجيوديزية لبعض السطوح الخ .

الا ان الاهتمام بهذه المواضيع قد خف فيما بعد ليعود من جديد مع « بحوث حول المنحنيات ذات الانحناء المزدوج » لكليرو . وهي بحوث غنية من هذه الزاوية كغنى الجيومترية التحليلية . ولكن للأسف التفت كليرو ناحية مواضيع اخرى في البحوث ، ولم ينشر ، في هذا المجال الا دراسة حول الخطوط الاقصر بين نقطتين (جيوديزيك) فوق سطوح في حالة الدوران .

ولم يحمل اولر ، رغم انه محلل قبل كل شيء ، التطبيقات الجيومترية حول الحساب . وفي سنة 1728 ، باشر بذات الوقت مع جاك برنولي دراسة الخطوط الاقصر (جيوديزيك) وهي منحنيات شرح في سنة 1736 معناها الميكانيكي وجترته دراسته لحساب التغيرات ، سنة 1744 ، الى تعريف المساحات الدنيا (ذات الانحناء الكامل الثابت) ، وقد اعطي عنه المثل الاول - وقرر لاغرانج بشأنه معادلة المشتقات الجزئية في سنة 1762 . وباشر اولر موضوعاً جديداً تماماً وهو يدرس ، في نقطة M ، من مساحة

معينة S، شعاع الانحناء لمختلف الاقسام المسطحة في S، المارة من هذه النقطة. وانتهى الى صيغة شهيرة تعبر عن هذا الشعاع تبعاً لاشعة انحناء القسمين العموديين الخاصين او القسمين الرئيسيين. ونشير ايضاً الى دراسته للتمثيل الايزومتري (حيث تكون محاور التقارب متساوية) للسطوح (1770). كما نشير الى دراسته حول المساحات القابلة للتطور حيث يستعمل لأول مرة إحداثيات منحنية فوق سطح.

مونج وتجديد الجيومتريا اللامتناهية - رغم القيمة الاكيدة لدراسات اولر الجيومترية فانها تحتفظ بنوع من الجفاف ناتج عن سميتها التحليلية المباشرة. ولم يكن احد يهتم يومئذ بالمظهر الجيومتري لهذه المسائل، عندما قام غسبار مونج سنة 1771 ببحوثه الاولى حول الجيومتريا اللامتناهية. ومن سنة 1771 الى 1807 قدم الجيومتري العظيم نتائج ذات اهمية بالغة، وجدد بصورة كاملة طرق الدرس في هذا المجال.

كان مونج موهوباً بحس استثنائي حول الواقع الفضائي، كما كان بذات الوقت محلاً ذا قيمة، والصفة الاساسية في عمله هي الرابط الثابت الذي يبرز فيه، بين مختلف المظاهر التحليلية والجيومترية والعملية في كل مسألة. هذه الرؤية الشاملة اتاحت له ان يختار في كل مرحلة من مراحل التحليل العقلي الطريقة الاكثر مباشرة والاكثر خصباً، ثم استحلاب النتائج الاكثر تنوعاً من كل حصيلة.

اول عمل قام به مونج (صيغة اولية نشرت سنة 1769، وصيغة نهائية حررت سنة 1771 ونشرت سنة 1785) هو دراسة شاملة للخصائص العامة للمنحنيات الفضائية، وهي دراسة تتضمن العديد من النتائج المهمة والجديدة المعروضة بشكل انيق: تحذيرات منحني في الفضاء، سطح قياسي Rectifiante، كرة تماسية، انحناء والتواء الخ. وعاد مونج سنة 1775، بعد اولر، الى دراسة السطوح القابلة للتغير والنشر، واعطى عنها غرضاً جيومترياً شاملاً، وتفسيراً تحليلياً متركزاً على دراسة المعادلة ذات المشتقات الجزئية $z^2 - x^2 = 0$ ، وتطبيقاً لنظرية الظلال واشباه الظلال. وفي سنة 1776 قدم تلميذه موسنيه Meusnier دراسة جيومترية حول انحناء المساحات تضم القاعدة الشهيرة التي تحمل اسمه، ودمجاً جيومترياً للمعادلة ذات المشتقات الجزئية للمسطح الدنيا. وبعد ذلك بقليل، وانطلاقاً من مسألة عملية «تفريغ ودمل» ادخل مونج دراسة عائلات المستقيمات ذات الثابتين (تساوي الشكلين) ثم، حول انتباهه الى تطابق الخطوط العمودية فحدد خطوط الانحناء في سطح ما ثم عرض خصائصه الاساسية. وبالموازاة درس مختلف عائلات السطوح وعلاقاتها بمعادلاتها ذات المشتقات الجزئية: درجة اولي (الاسطوانات، والمخروطات الخ)، درجة ثانية (سطوح قابلة للنشر، وسطوح منتظمة ذات سطح موجه الخ) ودرجة ثالثة (سطوح منتظمة عمامة الخ).

وجرته طريقته في التكامل الجيومتري الى دراسة اغلفة السطوح، والمميزات، الخ، كما جرته الى ادخال تغييرات تماسية. وبعد 1795 عرض على تلامذة المدرسة البوليتكنيك النتائج الاساسية للعلم الجديد الذي خلقه.

واعيدت طباعة نص دروسه التي نشرت سنة 1795 و 1799 تحت عنوان « اوراق تحليل مطبق على الجيومتريا » ، بشكل اكمل في كتابه الكبير الكلاسيكي وعنوانه « تطبيق التحليل على الجيومتريا (1807) . واستخدم هذا الكتاب كدليل للعديد من الجيومترين في بداية القرن التاسع عشر .

وهكذا وبفضل الطرق والنتائج الجديدة التي ادخلها مونتج ، وبفضل ايضاً الحماس الذي عرف كيف يبعثه في البحوث المتعلقة بهذا المجال، نجح في تجديد المضمون والعقلية في الجيومتريا اللامتناهية ، تجديداً كاملاً . وتأثيره سيكون دائماً ، ومضافاً الى نجاح الجيومتريا الوصفية ، سوف يعطي للبحوث الجيومترية مكانة فقدتها منذ زمن طويل .

الفصل الثاني : تنظيم الميكانيك الكلاسيكي

لقد غيرَ النمو العجيب للمعارف العلمية بخلال القرن السابع عشر ، والوعي المتزايد والدقيق للطريقة التجريبية ، وتطور الاداة الرياضية من القاعدة الثلاثية حتى الحساب التكاملي ، كل ذلك غير بصورة تدريجية سمة الكتابات العلمية التي اخذت تنتظم ضمن مجالات علمية محددة . وعصر الانوار ، الذي نرى هذه المكتسبات ، قد يكون جهل المخاوف الميتافيزيكية عند مبدعي العلم الكلاسيكي ، ولم يأخذ عنهم الا تراثهم الايجابي . ويدولنا ، ان هذا الوضع لم يكن بارزاً وواضحاً ، في اي مجال ، كما كان في الميكانيك . وغايتنا ، من خلال هذه الصفحات القليلة ، هي محاولة التثبت من هذا العنصر الرئيسي للفهم . ولكن قبل ان نشرع في الانجازات المميزة للقرن 18 ، يجب اولاً الالتفات الى نقل رسالة القرن 17 .

I - انتشار النيوتنية

ردة فعل انصار نيوتن - في انكلترا بالذات لم ينتشر نظام نيوتن الا ببطء . ودروس نيوتن المختصرة في كمبريدج كانت قلما تتبع ، لانها كانت شاقة صعبة ، هذا اذا صدقنا ويستون Whiston الذي خلف نيوتن في كرسيه . وكان « كتاب الفيزياء » لروهولت Rohault ، وقد ترجم الى اللاتينية ثم الى الانكليزية ، قد شكل اساس التعليم . ولقد كان صمويل كلارك Samuel Clarke قد ارفق بالطبعة الانكليزية سنة 1723 لنص روهولت ، بشروحات كانت اما مقتطفات من نيوتن ، او تأويلات تشكل في اغلب الاحيان دحضاً حقاً له .

وهكذا استمرت فلسفة نيوتن في طريقها الى كمبريدج تحت حماية الديكارتي .

وكان انصار نيوتن قد نعموا من انغلاق القارة في وجههم فقرروا الهجوم المعاكس : واخذت مقدمة روجر كوت Roger Cotes للطبعة الثانية من « المبادئ » (1713) على الديكارتيين اهم لجأوا بأنفسهم الى الصفات الخفية التي هاجموا ، وذلك بواسطة الاعاصير المتكونة من مادة مصنوعة على هوائهم ، ولا تقع تحت رقابة اي حس . ولكن النيوتنيين نقلوا المعركة بصورة اساسية الى الحقل

التيلوجي فقد اتهموا الديكارتيين انهم وقعوا في الالحاد الأكثر حفاقة وذلك عندما أنكروا التدخل الثابت للإرادة الإلهية في ظاهرات الطبيعة .

وقد تصدى لهذا الهجوم لينتز : وكان النزاع الشهير الذي قام بينه وبين صموئيل كلارك والذي استمر حتى وفاة لينتز . وكان الأخير يتسلّى بالهزء من التيلوجيا النيوتنية ، وخاصة من إرادة جعل الفضاء المطلق عالم الحس Sensorium عند الله . وأدى ذلك إلى تأخير انتشار النيوتنية .

بروؤ النيوتنية فوق القارة - في سنة 1730 كان هناك من انصار نيوتن في هولندا (ومنهم غرافساند Gravesande وموشن بروك Musschenbrock) ، ولكن لم يكن منهم احد في فرنسا حتى ذلك الحين ، ويعود الفضل الى مويرتوي Maupertuis انه ادخل النيوتنية الى اكااديمية العلوم . فلنستمع اليه :

« كان لا بد من مرور نصف قرن لتألف اكاديات القارة مع الجاذبية . لقد بقيت هذه الجاذبية محبوسة في جزيرتها . وإن هي اجتازت البحر فلم تكن الا صورة عن وحش سبق وقضي عليه . وكان الناس فرحين كثيراً انهم ابعدها عن الفلسفة الصفات الخفية ، فقد كانوا يخشون من عودتها كثيراً ، وإن كل ما كان يظن انه ذو علاقة بها او يشبهها اقل الشبه كان مفزعا . وكان الناس مأخوذون بانهم ادخلوا في تفسير الطبيعة نوعاً من الميكانيكية حتى انهم رفضوا دون الاستماع الى الميكانيكية الحقبة التي جاءت تعرض عليهم » .

وشرع مويرتوي يحلل منطقياً المبادئ الديكارتية وبين ان هذه المبادئ لا يمكن ان تستنفذ الواقع الفيزيائي ، وبالتالي فإن الخطر الميتافيزيكي المقرر ضد الجاذبية ليس له ما يبرره : ولا يوجد علاقة ضرورية بين الفضاء الواسع والانغلاقية . والجاذبية ليست بصورة مسبقة ، أقل قابلية للقبول من الدفع . وحتى عندما تعتبر الجاذبية كصفة ملازمة للمادة (وهذا ما رفض نيوتن القول به) ، فانها من الناحية الميتافيزيكية ليست مستحيلة ولا تقوم على التناقض . وعندئذ يكون من الافضل عدم اعتبار التدخل المحتمل للجاذبية الا كمجرد مسألة واقعية .

وكان لمويرتوي تلميذ بارز في شخص فولتير Voltaire ، حيث صرح عن نفسه بانه نيوتني في رسائله الفلسفية لسنة 1734 ، وكتب في سنة 1738 « عناصر فلسفة نيوتن » وهو كتاب تبسيطي قصد به طمأنة قرائه « انهم يحترمون نيوتن » . ويعود الى فولتير ايضاً وضع مقدمة الترجمة الفرنسية لكتاب « المبادئ » ترجمة قامت بها المركز دي شاتليه Châtelet بالتعاون مع كليرو . في هذه المقدمة يهاجم فولتير كل الجليل الذي شاخ ، في اضاليل ديكارت ورفض انوار نيوتن . وهكذا احتاجت النيوتنية لتدخل الى القارة الى حوالي خمسين سنة . وهذا الشأن تكون المعركة الكبرى من اجل البحث عن الحقيقة التي وسمت القرن السابع عشر بطابعها لم تكتمل الا في 1738 . واخذ العلم الانكليزي يتلاشى كأنما انهكه ثقل العمل العظيم ، عمل نيوتن . وانتقل المشعل الى القارة التي رفضته لمدة طويلة .

II - الميكانيك العقلاني

اولر وميكانيك النقطة - في سنة 1736 اقدم اولر اول كتاب بحث فيه ميكانيك النقطة المادية وعرضه كعلم عقلائي (analytice exposita). وقد اخذ اولر فكرة القوة عن علم الستاتيک ، باستثناء القول - ان لم يكن الاثبات - بان قواعد التعادل وتركيب القوى الستاتية تمتد لتشمل المفاعيل الديناميكية لهذه القوى. ويبدو الجرم عند اولر كمفهوم مشتق، باعتبار القوة تحتل المقام الاول، تبعاً للتراث النيوتني.

مبدأ دالمبير D'Alembert - عرض دالمبير فلسفته الميكانيكية في خطاب أولي في كتابه « كتاب الديناميك » (1743) وبعد توضيح طبيعة الحركة وقوانين اتصال الحركات بين الاجسام، بدأ الميكانيك، وعلى الاقل ميكانيك المجسمات، كعلم جذري اصيل، تفرض مبادئه حقيقة ضرورية. ورغم تنكر دالمبير للتراث الديكارتي فهو ينطلق منه، عندما يقترح، ان لم يكن ابعاد القوة المولدة للتسارع عن الميكانيك، فعلى الاقل جعل هذه القوة مجرد فكرة مشتقة اما الاولية فتعطى للجرم وللعناصر الحركية الخالصة.

ان المسألة العامة في الديناميك التي يطرحها دالمبير على نفسه هي التالية :

نفترض وجود نظام من الاجسام مرتبة بعضها الى بعض بشكل من الاشكال. ونفترض تحريك كل جسم من هذه الاجسام بحركة خاصة، لكنه لا يستطيع الاستجابة لها بسبب تأثير الاجسام الاخرى: فتش عن الحركة، التي يتوجب على كل جسم اتباعها.

يقول دالمبير : « يمكن دائماً اعتبار كل حركة من الحركات a, b, c, \dots المفروضة على كل من الاجسام المختلفة A, B, C, \dots التي تشكل الانظمة المعنية، وكأنها مؤلفة من حركتين : a, α و b, β و γ و \dots حيث تكون a, b, c الحركات المتبعة حقاً، اي الحركات المطلوبة و α, β, γ هي الحركات التي يبطل بعضها بعضاً من جراء الاتصال ».

وهذه هي التحليلات التي قدمها دالمبير كمبدأ : « حلل الحركات a, b, c المضغوطة على كل جسم، كل واحدة الى حركتين اخريين a, α ; b, β ; c, γ ، بحيث انه لو ضغطنا على الاجسام الحركات a, b, c لكانت هذه الاجسام استطاعت الاحتفاظ بهذه الحركات بحيث لا يضر بعضها ببعض ؛ وانه لو لم نضغط عليها الا بالحركات α, β, γ لظل الجهاز كله في حالة سكون. من الواضح ان a, b, c هي الحركات التي تتخذها هذه الاجسام بفضل قوة هذه الحركات. وهذا ما يجب العثور عليه ».

واذا كان مبدأ دالمبير واضحاً جداً، فان التحليلات التي يلجأ اليها لا تخلو ان تكون مصطنعة. وقد حكم لاغرانج بهذا وفضل على الصعيد العملي « اقامة التوازن بين القوى والحركات المولدة، انما على ان تتخذ بالاتجاه المعاكس ». هذه الطريقة أشار إليها هرمان 1716 واولر 1740. هذه الاسبقية،

مضافة الى اسبقية جاك برنولي الذي عرف كيف يرد مسألة مركز التارجح الى مسألة توازن العتلة (1703) تركت للمبير الفضل في وضع اطروحة عامة تربط مباشرة بالمبادئ . .

قيل غالباً بأن مبدأ المبير يتيح رد الديناميك الى الستاتيک ، ورد مسألة الحركة الى مسألة التوازن وهذا غير صحيح ، بالتعميم المطلق، الا بالنسبة الى وضع المعادلة .

وطبق المبير، بصورة منهجية مبدأه على دراسة كل المسائل التي ظهرت في « كتابه »، سواء تعلق الأمر بأجسام مرتبطة بخيوط أو بأعواد ، بأجسام متأرجحة فوق سطوح وعلى مسائل تتعلق بقرع أو ترجيح .

وتفادى المبير كل لجوء الى مبدأ الحفظ ، حفظ القوى الحية ، واعتبر أن هذا الحفظ هو نتيجة لقوانين الديناميك ، بالنسبة الى انظمة الارتباط المؤلفة من خيوط او من قضبان لا تتحني، وكذلك بقوانين صدم الاجسام المطاطة . وتثبت من هذه النتيجة في عدة حالات خاصة

مبدأ الفعل الاقل - تدخل مويرتوي Maupertuis سنة 1744 في النقاش حول « مبدأ الاقتصاد الطبيعي »، الداخلى في نطاق البصريات بفضل فرمات حوالي (1) 1664، وبحث عن مبدأ تغييرى يتلاءم مع رأيه حول تناسب سرعات الانتشار مع مؤشرات الانكسار الضوئى . ولا تكمن الغرابة في وصوله الى المبدأ. ذلك انه مدد هذا المبدأ بشكل غفوي فاشمله نطاق الديناميك ، واعلن عن مبدأ ميكانيكى صالح بالفعل . ومن خطأ بصري لا يمكن مؤاخذته عليه لانه كان خطأ عصره اي خطأ نيوتن Newton ضد هويجنس Huygens، جعل منه بالصدفة حقيقة ميكانيكية

ويرى مويرتوي Maupertuis ان الشيء الذي تقتصد به الطبيعة هو كمية العمل $mv s$ ، وهو حاصل ضرب الجرم بالسرعة بالطريق المقطوع .

ويشكل قانون الانكسار الذي وضعه سنيليوس Snellius - ديكارت Descartes، وفرضية التناوب في سرعات الضوء مع مؤشرات الانكسار، وفرضية العمل الاقل بالمعنى الذي قصده مويرتوي ، كل هذه تشكل مجموعاً متناسباً . واثبات هذا التناسب سهل ولهذا من المسموح به الافتراض ان مويرتوي عكس ترتيب العوامل وهو يتظاهر بانه استخرج هذا التوافق من مبدئه الخاص : وبصورة ايسر يدوانه وضع (او اخذ عن لينيز) فكرة العمل بقصد هذا الاتفاق . . ولكن مويرتوي لم يقف عند هذا الحد : فقد رأى في العمل الاقل التعبير عن سبب نهائي بل البرهان على وجود الله :

« لا يمكن ان تشكل ان كل الاشياء ليست منظمة من قبل كائن اسمى خصص، وهو يعطي للمادة قوى تنم عن قدرته ، خصصها لتنفيذ مفاعيل تدل على حكمته »

كان مويرتوي اكثر وضوحاً في مجال قوانين الصلعة ، اذ عرف كيف يربطها بمبدئه الخاص.

(1747). والعمل الشامل في صدم جسمين ، يمكن ان يترجم « بمجموع القوى الحية والتي ولدتها السرعات الضائعة ». هذا المجموع هو بالفعل أقصى ، وذلك سواء كانت الصدمة طرية او مطاطة ، هذا اذا افترضنا فضلاً عن ذلك ، حفظ السرعة النسبية العادية في الصدمة المطاطية ، وقبلنا ايضاً الغاء هذه السرعة النسبية في الصدمة الطرية . هنا ايضاً بدا مويرتوي محظوظاً لانه نجح في توليف تركيبة .

كان على مويرتوي ، وخطاه الوحيد ، كما صرح بسذاجه ، انه اكتشف مبدأ اثار بعض الضجة ، فكان عليه ان يتحمل المجادلات الاكثر حدة . فقد رأى كونيغ Koenig يهاجمه 1751 ويتهمه بالسرقة من ليبينز في حين ان هذا الاخير ، لم يتكلم الا عن الحفظ لا عن العمل الادنى ، كما هزىء منه فولتير بشكل قبيح ، في حين انه في طبعة 1758 من كتابه « حول الديناميك » شجب دالمبير اللجوء الى الاسباب الغائبة .

في هذه الاثناء اعطى اولر لعمل مويرتوي ، وتحت شكل المتكامل $\int m v ds$ كملحق في كتابه حول حساب التغيرات 1744 ، حق المواطنة من الناحية الرياضية وبشكل لا جدل فيه . واثبت اولر بهذا ان عمل مويرتوي بلغ الذروة في سقوط الاجسام ، وفي حركة نقطة خاضعة لقوة مركزية وحتى في حركة نقطة جذبها عدد غير محدد من المراكز الثابتة . وكان على اولر ان يحكم في النزاع حول العمل الادنى 1753 ، فحكم ضد اطروحة كونيغ واعترف لمويرتوي بأبوة هذا المبدأ .

أولر ، وميكانيك الجسم الجامد - في سنة 1760 نشر أولر «نظرية حول ميكانيك الجسم الجامد» وهو كتاب روجع فيها بعد وزاد عليه ابنه في طبعة ثانية صدرت سنة 1790 . وحدد اولر في كل جسم صلب مركزاً لجرمه او مركز جود او ثبات ، وهي فكرة محددة بفعل الجمود وحده ، بصرف النظر عن القوى التي يخضع لها هذا الجسم ، وبالتالي اقل ضيقاً من نظرية مركز الثقل ، التي تشير ببساطة الى الجسم الوزان . وقد حدد اولر عزوم الجمود ، وهي مفهوم حركي بقي كلاسيكياً وقد فات هويجنس Huygens الامر الذي اجبره على المواربة او التعمية .

وفكك اولر حركة الجسم الجامد الحر الى حركة في مركز جموده ، ودوران حول محور يمر في هذا المركز . وفي هذا الكتاب لأولر ظهرت لأول مرة المعادلات التفاضلية الكلاسيكية التي تحكم حركة جسم جامد حول نقطة ثابتة وحيث تظهر بشكل حصري ، مع عزم القوى المطبقة على هذا الجسم الجامد ، مكونات الدوران الآتي للجسم الجامد ومشتقاتها ، وكذلك عزوم جمود الجسم حول النقطة الثابتة .

بوسكوفيش والفعل من بعيد - في مواجهة المحللين الذين لا يفصل عملهم عن تطور الرياضيات الخالصة . كان على الميكانيك في القرن الثامن عشر ان يفسح المجال امام فيزيائي اتسم عمله بالعقلانية التي لم تقدر قيمتها الا بعد قرن من الزمن .

ان النظرية الفلسفية الطبيعية ، وهي كتاب وضعه ر . بوسكوفيتش R.Boscovich ، ونشر في فيينا سنة 1758 ، هذا الكتاب يمنح وينشر افكاراً وضعها الكاتب قبل عشر سنوات ، في مطلع تعليمه بالكلية الرومانية . وكان العالم اليسوعي الراغوزي Raguse (في الوقت الحاضر دبروفنيك) نيوتونياً

نقاداً يهتم كثيراً بالمفاهيم الأساسية ، أكثر من اهتمامه بوضع المعالجات الرياضية للقضايا الفيزيائية .

وقد اشار الى التقطع المزيج الذي تقود اليه المفاهيم النيوتونية كما تقود اليه المفاهيم الديكارتية ، ثم عمم بشكل جذري الفغل من بعيد بين نقطتين ، كبداً اولي اساسي ينطبق على تفسير كل الظواهر ، واحتفظ بجمهورية المادة رافضاً امتداد الجزئيات الاولية ، وادخل - لكي يمثل بصورة بيانية القانون العام للمقوى تبعاً للمسافة - منحني تجويفياً يتوافق مع تناوب الجذب والدفع .

هذا التناوب يسمح باظهار ، وبأن واحد ، مختلف حالات المادة ، واستقرارية الانظمة المادية . واعطى بوسكوفيتش لمفهوم الاتصال الميكانيكي معنى ديناميكي غير قابل للتمثل ، بفعل التحليل الرياضي السائد في عصره ولهذا لم يكن من الغريب ان لا يعكس عمله تأثيراً الا انطلاقة من المجادلات التي ثارت في القسم الاخير من القرن التاسع عشر بفعل علم الطاقة وعلم الذرة ، مع اوضح استعمال النماذج والصورة التي تتناول الاشياء التي لا تمكن ملاحظتها .

III - ميكانيك الموائع

علم السوائل الثابتة (ايدروستاتيك) عند كليرو Clairaut ، وشكل الارض - عاد كليرو بعد هويجن ونيوتن الى مسألة صورة الارض ، فاضطر الى البحث عن الشرط الاكثر عمومية لتوازن كتلة سائلة . ان الشكل الاكثر افادة في مثل هذا الطرف هو شكل قناة كليرو :

« حتى تستطيع كتلة من المائع ان تكون بحالة توازن ، يتوجب ان تكون جهود كل اقسام من المائع محبوسة ضمن قناة مغلقة على نفسها بحيث تحطم هذه الاقسام بعضها بعضاً » (نظرية صورة الارض ، باريس 1743) .

واهتم كليرو ، في ضوء هذا المبدأ بتوازن كتلة سائلة ذات وزن وبحالة دوران حول محور . وحتى يتم التوازن يجب ان تلعب الجاذبية دوراً في الشروط : ان تفاضلية الجاذبية يجب ان تكون تفاضلية تامة (التفاضلية تعني تزايداً بطيئاً وصغيراً في الدالة الرياضية يعادله تزايد شبيه به في المتغير) .

وقد اظهرت القياسات المقارنة لدرجات خط الهاجرة الارضي ، وبخاصة قياس خط الهاجرة الارضي الذي تم في لاپونيا Laponie ، تسطحاً في شكل الارض بمعدل $1/300$ اصغر بالتالي من التسطح الذي قال به نيوتن ، واستنتج كليرو Clairaut ان الارض مكونة من طبقات اكثر تسطحاً كلما كانت اكثر بعداً عن مركز الارض . ذلك أن التسطح يتبع قانوناً متعلقاً بانخفاض الثقل النوعي لما بين المركز والسطح .

الهيدروديناميك (أو محركية الموائع) عند دانيال برنولي Daniel Bernoulli وسوائليه جان برنولي Jean Bernoulli - في سنة 1738 نشر دانيال برنولي كتاباً ممتازاً اسمه «هيدروديناميكا» . وقد شمل هذا الكتاب بأن واحد الموائع الثابتة ، وهو علم في التوازن والهيدروليكا أو علم الموائع

المتحركة . وقد ارتكز هذا الكتاب بصورة اساسية على مبدأ حفظ القوى الحية ، اي على المساواة بين المتحرك الحقيقي والصعود القوي للمائع ما عند تحركه ضمن نظام دائم . وبهذا الشأن نقل دانيال برنولي الى علم ميكانيك الموائع الأفكار الطاقوية لهويجن .

كما وضع فضلاً عن ذلك فرضية المقاطع او الاقسام : كل الجزئيات المتسمية الى نفس المقطع العامودي على اتجاه الحركة ، يفترض بها أن لها ذات السرعة التي تتعاكس نسبياً مع القسطع او المساحة . وقد حل دانيال برنولي تحت هذه الفرضيات المختلفة ، وبشكل انيق جداً عدداً كبيراً من المسائل .

وكان على دانيال برنولي ان يتلقى انتقاد والده : جان برنولي الذي اخذ عليه انه انطلق من مبدأ غير مباشر ، وان كان صحيحاً تماماً ، « الا انه لم يتم الاعتراف به من قبل كل الفلاسفة » . وقد زعم من جهته انه يدرس حركة المياه في ضوء مبادئ الديناميك فقط . وقد هنأه اولر على ذلك . ولكن تحليل جان برنولي افسده اعتبار الاعاصير، التي دبرت من اجل هذه الغاية . ولما كان جان برنولي قد احتفظ بفرضية المقاطع ، فانه لم يذهب ابعد من ولده . ولكنه زعم انه سبقه ، اذ ادعى وهو ينشر كتابه « ايدروليكا » ، سنة 1742 ، انه انشأ اصلاً سنة 1732 ، وحتى سنة 1729 .

دالمبير d'Alembert وحركة الموائع - رأى دالمبير ان الميكانيك في الاجسام الصلبة يشكل علماً جذرياً « وبما انه لا يستند الا على مبادئ ميتافيزيكية مستقلة عن التجربة » وصرح بالعكس ، أن نظرية الموائع يجب بالضرورة أن يكون اساسها التجربة وإنما لا تنلقى منها الا اعضاء محدودة جداً .

وفي سنة 1752 وفي كتابه تجربة حول نظرية جديدة لمقاومة الموائع ، رفض دالمبير هذه النماذج . والتفت نحو الهيدروستاتيك او الموائع الثابتة كما وضعه كليرو ، ثم اقتفى نفس الاثر، فحاول ان يرد اليه اي الى الهيدروستاتيك حركة الموائع :

ان السرعة v لجزيء من مائع ، في لحظة زمنية t يمكن ان يعتبر وكأنه مجموع v اي سرعته في اللحظة الزمنية $t + dt$ ، مع سرعة v . عملاً بالمبدأ العام في الديناميك تكون « الجزئيات من المائع ، ان هي نزعبت الى الحركة بالسرعة v فقط ، - بحالة توازن ، وفي هذه الحال يكون ضغط المائع نفسه كما لو كان هذا المائع راكداً ، وأجزاءه مشدودة الى التحرك بفعل قوة محفزة تساوي v''/dt » .

وتوصل دالمبير ، (عل الاقل بالنسبة الى الحركات السطحية او الدائرية) الى المعادلات العامة في الهيدروديناميك ، مما جعل من كتابه « محاولة » عملاً طليعياً بحق .

ونظر دالمبير الى حاجز صلب جامد داخل تيار مائع فلاحظ انه اذا كان هذا الحاجز تناظرياً ، والمائع متناسقاً وغير محدّد وفاقداً للجاذبية « لا يتلقى الجسم أي ضغط من السائل ، وهذا ضد التجربة » التقى دالمبير هنا ، دون أن يمرؤ على تأكيده ، التقى المفارقة الغريبة ، التي أوضحها فيما بعد

علماء الجيومتريا ، في كتابه « أويسكول = (الكتيبات) » . هذه المفارقة ، وهي الأشهر في علم الهيدروديناميك ، تعبر عن الطلاق الأكثر بروزاً بين التجربة العادية جداً ، والنظرية الأقل ثقلًا ضمن الظروف الكيفية . وكل جهود الميكانيكيين فيما بعد سوف تنصب على إيجاد مخرج لها .

هيدروديناميك أولر Euler - ان انجاز أولر في ميكانيك الموائع ضخم ، وقد غطى بآن واحد مجال النظرية العامة ، وكذلك التطبيقات الأكثر تنوعاً . ونحن سنكتفي هنا بتحليل موجز لمذكرات أكاديمية برلين حيث عالج أولر المبادئ العامة في توازن الموائع وحركتها (1755) .

ويروي أولر في الهيدروديناميك ان السائل القابل للضغط أو غير القابل للضغط هو خاضع لقوى مطلقة .

يقول « ان العمومية التي اقصد ، بدلاً من ان تبهر انوارنا تكشف لنا بصورة اولى القوانين الحقيقية في الطبيعة ، بكل بهائها ، ونجد فيها أسباباً أقوى ، لتأمل جمالها وبساطتها .

وهنا يستعين أولر ، بعد التعميم ، بمبدأ كليرو . وقد كان له الفضل بانه ادخل صراحة الضغط ، وربطه في كل نقطة بالقوة الخارجية المعطاة .

وقرر أولر في الهيدروديناميك ، وبشكل من العمومية المطلقة ، معادلات حركة مائع مكتمل قابل للضغط ، بكل أشكالها النهائية ، وكذلك معادلة الاستمرارية التي تعبر عن حفظ الجرم .

وقد استطاع لاغرانج ان يصرح بقوله : بفضل أولر رُد كل ميكانيك الموائع الى نقطة واحدة في التحليل . ولكن صعوبة هذه النقطة ظلت بالغة وقد وعى أولر هذه الصعوبة تماماً .

نشير ايضاً كيف ان أولر ، بنوع من السخرية المغطاة بالتواضع ، قيم اعماله في الهيدروديناميك بالنسبة الى اعمال معاصريه فقال : « مهما كانت عظيمة البحوث حول الموائع ، والتي ندين بها نحن الى السادة برنولي وكليرو ودالمبير ، فانها مشتقة بشكل طبيعي جداً من قاعدتينا العامتين بحيث اننا لا نستطيع وبالقدر الكافي تقدير هذا التوافق بين تأملاتهم العميقة وبين بساطة المبادئ التي استقيت منها المعادلتان . هذه المبادئ التي توصلت اليها حالاً بفضل القواعد الاولى في الميكانيك » .

IV - مقاومة المادة والمعطيات التجريبية

قوانين كولومب حول الاحتكاك - بعد 1699 أعلن آمونتون Amontons قانون تناسب الاحتكاك مع الضغط المتبادل بين اجسام متماصة . وقد بين ف. ج. كاموس F.J.de Camus (1722) وديزاغولييه Desaguliers (1732) ان الاحتكاك في حالة السكون يفوق الاحتكاك في حالة الحركة .

وسوف يعود الى كولومب الذي كان يومئذ نقياً في سلاح الهندسة ، ان يجيب على امنية اكااديمية

العلوم التي طلبت سنة 1781 اجراء تجارب جديدة « بشكل كبير » تطبق على البكرات والرافعات الرحوية والحبال المستعملة في البحرية .

وتعتبر مذكرة كولومب، التي نشرت سنة 1785 في المجلد 10 من « مذكرات العلماء الاجانب » نموذجاً للأسلوب التجريبي . والقانون الكمي الذي انتهى اليه مفاده انه فوق سطح ولسحب ثقل ذي وزن معين ، يجب بذل قوة تتناسب مع هذا الوزن ، يضاف اليها مقدار ثابت يتعلق « بتماسك » السطوح . ووضع كولومب ايضاً القوانين الكمية حول تصلب الحبال .

بوردا Borda ومقاومة السوائل - ميزة الفأرس دي بوردا de Borda انه درس مسائل الهيدروليك، دون ان يستبعد الخسارات بالقوى. ومثل هذه الخسائر يظهر في ميلان المائع في مجرى يتسع فجأة او يضيق فجأة . وشبه بوردا هذه الظاهرة بصدمة تقتزن بخسارة في القوة الحيوية، اي في لغة العصر، بصدمة الاجسام الصلبة . وحسب هذه الخسارة في القوة الحية بواسطة قاعدة كارنو Carnot، قبل ان تصاغ حرفياً، وفي حالة خاصة .

واجرى بوردا Borda تجاربه بشكل منهجي ، حول مقاومة الموائع ، وبشكل خاص، حول مقاومة الهواء (1763). ويؤمن ان هذه المقاومة هي ظاهرة شاملة لا يمكن ادراكها بالتكامل ، انطلاقاً من قانون اولي بسيط . ودرس فيما بعد مقاومة الماء ، ودحض النظريات النيوتونية (1767). واخيراً، وفيما يتعلق بالمقاومة المنحرفة ، بين بوردا Borda ان قانون الجيب (سينوس) المربع غير مثبت ، وانه بالنسبة الى الانعكاسات الخفيفة ، المقاومة لا تخفف بمقدار ما تخففه الجيوب (سينوسات) البسيطة .

وتضاف الى تجارب بوردا Borda التجارب التي اجراها الاب بوسوت Bossut (تموز - ايلول 1775) بواسطة نماذج مصغرة في بركة المدرسة الحربية وكذلك تجارب ب. ل. ج. بوات P.L.G.du .Buat

ميكانيك لازار كارنو Lazare Carnot ومفهوم الاتصال - بعد 1783، نشر لازار كارنو تجربة حول الآلات بوجه عام، طورها سنة 1803 تحت عنوان « مبادئ اساسية في التوازن وفي الحركة » . وكان كارنو اول من اكد على السمة التجريبية في مبادئ الميكانيك ، وذلك مناقضة للافكار التي قال بها اولر ودالمبير . وقد استنتج من الملاحظة الجذرية لظواهرات الصدمة قوانين الميكانيك ، راداً فعل قوة مستمرة ، مثل الجاذبية ، الى فعل سلسلة من الصدمات المتناهية الصغر . ادخل كارنو في ميكانيك الاجهزة ، فكرة الحركة الجيومترية : ان مثل هذه الحركة هي بدون اي مفعول على الاعمال المتبادلة التي تمارس او يمكن ان تمارس بين اجزاء الجهاز . ان مثل هذه الحركة لا تتعلق الا بشروط الاتصال بين اجزاء الجهاز .

واصبحت الحركات الجيومترية الكرنوية ، بالمعنى الكلاسيكي اليوم ، تنقلات احتمالية تتألف مع الاتصالات بين اجزاء الجهاز . فهي تعطي لكتاب « التجربة » بنية رياضية طليعية .

ويقرر كارنو ، بالنسبة الى صدمة الاجسام الصلبة ، قاعدة بقي اسمه مقروناً بها . وهي نقضي بان ضياع القوة الحية ضياعاً كاملاً يعادل مجموع القوى الحية التي سببتها السرعات الضائعة .

واهتم كارنو ايضاً بعمل القوى الداخلية في الكائنات الحية : فالحيوان يمكن ان يشبه ، من ناحية الميكانيك ، مجموعة من الجسيمات المنفصلة فيما بينها بنوابض مضغوطة ، يمكن تحويل قوتها الحية الكامنة الى قوة حية حقيقية .

وقد اهتم افكار كارنو ، ذات الاصاله الاكيدة ، لابلاس Laplace ، وبآره دي سان فينان Barré de Saint - Venant وبالتأكيد المهتم كاربوليس Cariolis ايضاً

٧ - الميكانيك التحليلي عند لاغرانج

لقد ظهر كتاب لاغرانج « الميكانيك التحليلي » لأول مرة سنة 1788 ، وجاء يتوج البناء الذي اقامه الجيومثريون الكبار في القرن الثامن عشر . اما برنامج هذا الكتاب الضخم فقد ورد كما يلي :

« تحويل نظرية الميكانيك وفنه في حل المسائل المتعلقة به الى قواعد عامة وصيغ يكفي تجذيرها البسيط لاعطاء كل المعادلات اللازمة لحل كل مسألة .

ثم جمع وعرض ، ضمن وجهة نظر واحدة - مختلف المبادئ التي عثر عليها حتى الآن ، من اجل تسهيل حل مسائل الميكانيك ، وتبين تبعيتها للتبادلة ، ثم التمكين من الحكم على صحتها وعلى مدى اتساعها »

واضاف لاغرانج ايضاً ، توضيحاً لانشائه الرياضي الوارد في كتابه ما يلي :

« لن يعثر في هذا الكتاب على صور . فالطرق التي اعرضها فيه لا تطلب رسوماً ولا تحليلات جيومترية او ميكانيكية ، بل تطلب فقط عمليات جبرية خاضعة لمسار منتظم وموحد الشكل . وسوف يرى اولئك الذين يحبون التحليل ان الميكانيك سوف يصبح جزءاً من هذا التحليل وسوف يعترفون بفضلني اني وسعت مجاله الى هذا الحد .

وربط لاغرانج كل الستاتيك بالمبدأ الذي استمر يسميه مبدأ « السرعات المحتملة » . ولكن هذا المبدأ ذاته « ليس اكيداً بذاته حتى يمكن وضعه كمبدأ أول » . ويمكن استنتاجه من مبدأين : مبدأ العتلة ومبدأ تركيب القوى .

ولكن لاغرانج فضل تأسيس هذا المبدأ مباشرة على بعض الصفات البسيطة حول البكرات والحياوط .

ولحل مسائل الستاتيك ادخل لاغرانج طريقه عامة جداً وبسيطة جداً سماها طريقة المضاريات ، تتبع حساب العمل الاحتمالي لردات الفعل .

في مجال الديناميك لم ينحز لاغرانج بصورة علنية الى اي من اولر أو دالمبير، اي بين مدرسة القوة ومدرسة الجرم. كما انه لم يعد الى مسألة ديناميك النقطة لانه اعتبرها واضحة باعمال سابقه ، ووجه كل اهتماماته نحو صياغة ديناميك الاجهزة بشكل عام .

وحلل لاغرانج على التوالي المبادئ الاربعة في الديناميك : حفظ القوى الحية ، وحفظ حركة مركز الجاذبية ، وحفظ العزم أو مبدأ المساحات ، ومبدأ كمية العمل الأقل .

ويعود المبدأ الاول من هذه المبادئ، كما يقول لاغرانج بحق، الى هويجن ، بشكل يختلف عن الشكل الذي اعطى لهذا المبدأ من قبل لينيز وجان برنولي . اما المبدأ الثاني فيعود الى نيوتن . والمبدأ الثالث اكتشفه اولر Euler ودانيال برنولي وارسي Arcy، وهو ليس الا تعميم قاعدة من قواعد نيوتن ذات المتحركات المنجذبة من نفس المركز .

ويصف لاغرانج بالاهام وبالتحكم ، تصور مويرتوي Maupertuis . وينضم الى طريقة اولر «التي تستحق وحدها اهتمام الجيومترين»، وعممها لتشمل حالة جهاز من عدة أجزاء تعمل فيما بينها بشكل من الاشكال . ولا نستطيع هنا ان نرسم تفصيل التحليل الذي سمح للاغرانج ان يضع المعادلات العامة في ديناميك الاجهزة بشكل دقيق واثيق لم يستطع احد الإتيان بمثله او تجاوزه .

نقول فقط أن لاغرانج قال أن معادلة المجمع المتكون من القوى المطبقة الفاعلة مع القوى الجامدة وقوى مختلف العناصر في الجهاز المادي هي صفر ، وذلك حين كتب أن العمل الاجمالي لهذه القوى لاغٍ بالنسبة الى كل انتقال محتمل متوافق مع الاتصالات . وهذه الاتصالات افترضت انها كاملة ، أي بدون احتكاك ولا مقاومات سلبية ، وانها قد تتعلق بالوقت عموماً .

ونجح لاغرانج بان يعبر عن مجمل الحدود المتعلقة بقوى الجرمود، في مختلف عناصر الجهاز، تبعاً للمشتقات ، مشتقات القوة الحية الشاملة وحدها ، هذه القوة التي هي دالة من دالات ثوابت الموقع q ومشتقاته الاولى q' بالنسبة الى الوقت ، كما هي دالة من الدرجة الثانية بالنسبة الى هذه المشتقات . ومعادلات لاغرانج التي بقيت معروفة بهذا الاسم ، والتي ما تزال تطبق عالمياً ، كانت ترتدي يومئذ الشكل القانوني التالي :

$$\text{حيث } 2T \text{ ترمز إلى القوة الحية الشاملة ، } \frac{\partial T}{\partial q} = \frac{\partial U}{\partial q} \text{ ، } \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q'} \right) \text{ : حيث } U \text{ هي دالة القوى}$$

الفاعلة و q احد الثوابت المطلقة ، ويوجد معادلات بعدد الثوابت مما يسمح عن طريق التكامل بتأمين حل مسألة الحركة ، أي تحديد الثوابت تبعاً للزمن .

ويبدو حفظ القوة الحية عندئذ وكأنه مجرد تابع مرافق لمعادلات لاغرانج . وهذا الحفظ لا يتحقق الا اذا كانت اتصالات النظام او الجهاز - المفترض انها كاملة دائماً - مستقلة عن الزمن .

وكذلك مبدأ العمل الأقل فهو يعتبر نتيجة من نتائج معادلات لاغرانج ، في الحركة العامة داخل جهاز من الاجسام المحركة بفعل قوى تتبادل التجاذب ، او متجذبه من قبل مركز ثابت .

هذا المبدأ يعود الى الواقعة القائلة بان مجموع القوى الحية الآتية في كل الاجسام هو مجموع أقصى ، منذ اللحظة التي تنطلق فيها الاجسام من نقط معينة الى اللحظة التي تصل فيها الى نقاط اخرى معينة . كما ان لاغرانج يقترح تسميته (اي تسمية مبدأ الفعل الأقل) بمبدأ القوة الحية الاكبر او الاصغر .

ويتضمن كتاب الميكانيك التحليلي للاغرانج ، جملة من المسائل التي لا نستطيع التوسع بشأنها نذكر فقط ، دون التخلي عن ديناميك الجوامد ، ان لاغرانج درس تفصيلاً مسألة حركة الجسم الوزان الدائر المعلق من نقطة في محوره ، كما رد هذه المسألة الى التريعات الاهليلجية .

واعطى لاغرانج ايضاً طريقة عامة للتقريب ، لكي يحل مسائل الديناميك - وخاصة المسائل التي يطرحها الميكانيك السماوي - وهي طريقة تقوم على تغير الثوابت الكيفية .

وهنا يضع لاغرانج نظرية الحركات الصغرى ، ويدرس استقرارية التوازن ويثبت من ان التوازن يكون مستقراً عندما يكون كامن القوى المعينة اقل ما يمكن ان يكون .

وظل اسم لاغرانج ، في الهيدروديناميك ، مقروناً بالمتغيرات التي تتيح متابعة عنصر مائع في حركته ، في حين ان المتغيرات المسماة متغيرات اولر ترتبط بحالة سرعات المائع في لحظة معينة في نقطة جيومترية معينة . ومن العدل القول ان اولر قد لجأ في بعض الاحيان الى متغيرات من النمط اللاغرانجي .

ويعود الى لاغرانج الفضل في وضع قاعدة اساسية حول استمرارية الصفة غير الدائرية لحركة مائع ما ، عندما تكون قوى الجرم الفاعلة في المائع تتعلق بقوة كامنة ، وعندما يكون ضغط المائع هو دالة محددة بوزنه النوعي . وقد درس لاغرانج ايضاً حركة مائع في قناة قليلة العمق وبين ان الحركة محكومة بمعادلة تشبه معادلة الصوت .

ربما يجده بعض القراء اننا الحننا كثيراً على المناقشات المبدئية التي خضت القرن السابع عشر أكثر مما ركزنا على اعمال كبار الجيومترين الذين زودوا الميكانيك بتنظيمه النهائي ، في الحقل الكلاسيكي . وعذرنا ان المؤرخ ملتزم باتباع الطريق المملوء بالمصادفات ، وبالاعراضات التي اتبعها المخترعون . وأنه بالعكس ، فإن أولر ولاغرانج يسهل على القارئ الحديث الوصول اليهما مباشرة ، كما انهما يعلمان حسب الاصول . لا شك انه في أي مجال اخر ، لم يلاق الايمان العقلاني الجذري ، في عصر الانوار ، الايمان بامكانية ادخال التحليل الرياضي في اماليب الطبيعة ، لم يلاق نجاحاً أكثر مما لاقاه في الميكانيك . لقد استطاع دالمبير ان يؤكد ان روح الحساب قد طردت روح النظام . لقد ورثت الاولى الثانية بحيث ان لم تكن الوارث المباشر - لان بعض المخاوف الميتافيزيكية في القرن العظيم ، يمكن

ان تعتبر اعتباطية في نظر العلم الوضعي - الا انها على الاقل الناقل الأكيد: ان مهمة التنظيم لم تصبح في المتناول الا بعد الوضع المؤلم للمباديء . فضلاً عن ذلك وباعتراف دامير بالذات ، وجدت روح الحساب حدودها كما ان خطر التسرع في وضع صيغ رياضية لحقائق الفيزياء ، قد ظهر ايضاً في مجال الهيدروديناميك . وهكذا فتحت امام الميكانيك مواضيع جديدة للبحث

الفصل الثالث : معرفة النظام الشمسي

ان التركيب الفخم الذي قام به نيوتن ، في اواخر القرن 17 ، واشمله جملة المعارف الفلكية المعروفة في عصره ، اصبح بعد ذلك يحكم ويوجه البحوث . ان المواضيع الواجبة الحل قد وضعت او أوشكت ان توضع ، وادت معالجتها رياضيا ، خلال القرنين الماضيين الى بناء ما يسمى اليوم بالميكانيك السماوي الكلاسيكي . ومواجهة النظرية بالتدابير ادت الى نهضة علم فلك المواقع .

وتطورت شروط العمل بسبب الظروف ، وهي ظروف سوف نجدها بعد ذلك بقليل في المجالات العلمية الأخرى . فقد توجهت البحوث ، بمواضيعها المتعددة ، على يد المتخصصين . وخلال هذه المرحلة تراكمت النتائج وارندى التقدم هذا المسار الجذري الذي أصبح الآن شائعاً . واصبحت الاعمال تتم بصورة رئيسية في مراكز مهمة ، خدمة للدول القادرة على تأمين الوسائل المادية الكافية للعلماء ، واستمرارية اصبحت ضرورية ، قبل استثمار المعطيات التجريبية ، استمرارية جعلتها قلة الامن في ذلك الزمن ضعيفة في كل مكان . واغلب النتائج ، باستثناء علم الفلك الرياضي ، حصلت في الواقع في فرنسا وفي انكلترا⁽¹⁾ . وكان مرصد باريس ، الجلد الحقيقي لمراكز البحوث الوطنية . قد تأسس سنة 1667 ، ومرصد غرنتيش بعد ثماني سنوات . وبالتأكيد لم يكن هناك شيء يستحق الذكر خارج اوروبا : فالتجهيزات التي كانت قد استخدمت بجدوى في القرون الماضية ، وبصورة رئيسية في العالم العربي ، اصبحت عقيمة الى غير رجعة .

ورغم تحسين المعدات كان الكون الكواكبي ما يزال بعيداً عن التناول ، ولم يكن أكثر من موضوع وصفي موجز طيلة القرن . وظلت البحوث مرتكزة حول نجوم النظام الشمسي . وكانت الحكومات معنية بتقديم الملاحاة والجغرافيا لدوافع تجارية وعسكرية فكانت توجه جزئياً هذه الاعمال وتشجعها بفعالية .

(1) كان يوجد أو قد أوجد عدد كبير من المراصد في الجامعات أو الأكاديميات ، إنما ضعيفة التجهيز ، اشتهرت فيها بعد مثل مرصد ليد ، وسان بطرسبرج أو إيطاليا .

I - النجاح المؤجل لقانون الجاذبية الكونية

لم يسحب من اول طبعة من كتاب « فيلوزوفيا ناتوراليس برانسيوماتماتيكا » سنة 1687 الا 250 نسخة ، والطبعة الثانية 750 سنة 1713 . ثم ظهرت فيها بعد طبعة 1726 ، والترجمة الانكليزية لموت Motte سنة 1729 والترجمة الفرنسية للماركيز دي شاتليه Châtelet سنة 1756 ⁽¹⁾ ثم غيرها كثير

وتجدر الملاحظة ان قانون الجاذبية لم يكن له اية حاجة لدى العلماء في القارة ، التي كانت مأخوذة بالديكارية منذ زمن بعيد ، وكانت الاجرام السماوية تشكل في نظرهم ، قسماً من حالة في الاشياء طبيعية ؛ والفرضية المصطنعة لفعل من بعيد كان يصدم بلا عقلانيته ، السحرية تقريباً . ونيوتن انكر ان يرى في قانون الجاذبية اكثر من تأويل فرضيات (Hypothèses non fingo) وما دامت هي كذلك فقط فلا يمكن تصور جدواها . انما بفضل التفسير النيوتني للفتاوتات الرئيسية في حركة القمر استطاعت النظرية ان تفرض نفسها بشكل ساطع ؛ ولكن التحليلات الجيومترية النيوتنية هي تقريبية ، وقيمة التقريب لن تظهر تماماً الا فيما بعد ، بالمقارنة مع نتائج معالجة المسائل بالتحليل ؛ والديكارتيون الذين رأوا في هذه التحليلات تبريراً مسافاً لحاجات القضية لا يمكن وصمهم بالتخيز .

والعالمان الرياضيان الكبيران المعاصران « للمبادئ » ، هويجنس Huygens وليبنيز Leibniz ، كانت لهم مواقف انتقادية ، انما مختلفة تماماً . الاول ، وكانت اعماله حول الحركة الدائرية قد حملت نيوتن الى طريق اكتشافاته ، عرف منذ 1690 ، تفسير حركة الكواكب بقانون المربع العكسي ، ولكنه رفض التجاذب المتبادل بين الجزيئات ؛ ان الجاذبية ، برأيه ، هي جاذبية نحو مركز الارض ، وثابتة وقد جرب مع ذلك القانونين (قوة ثابتة او بسبب المربع العكسي) من اجل حسابه النظري لتفلطح الارض ، اي انه قد شك في تشبيه الجاذبية الارضية بقوة جذب تؤثر في القمر ، دون ان يرفضها بشكل منهجي ؛ ولم يشأ ان يبت بالامر الا على اساس براهين مادية لم تتوفر حتى تاريخ وفاته ، سنة 1695 .

اما ردة فعل لينيز فهي سلبية خالصة فالنظرية النيوتنية ما كانت الا لتصدمه بالاكتشافات التي انتظرت مجيء امثال كليرو Clairaut ودالمير d'Alembert واولر Euler ، بعد خمسين سنة .

وبخلال هذا النصف قرن ، حفز الخلاف بين الديكارتيين والنيوتنيين البحوث التجريبية . ولم يكن صحيحاً ان يقال ان نظرية نيوتن كان لها يومئذ دور يهمل ، او انها لم تكن معروفة تماماً من قبل المعنيين .

وانتشارها لدى الجمهور العام يعزى الى فولتير ، الذي حضر سنة 1727 ماتم نيوتن ، والذي ان

(1) الى هذا النص ، الذي ليست امانته مطلقة ، تعود المراجع الفرنسية بشأن عمل نيوتن ، ومن جراء هذا فهي غير مضبوطة . ولا توجد طبعة متقدمة فرنسية للمبادئ . نشر الى الطبعة التصويرية الجديدة لترجمة مدام دي شاتليه (باريس ، 1966) .

بالمبادئ في حقيقته . وقد اعتبر حماس فولثير اهانة لديكارت ، وادى الى فضيحة ، وهو امر ما كان ليسوءه . ولكن اكاديمية العلوم في باريس ، وبعد سبع سنوات ، منحت جائزة لدانيال برنولي ، من اجل رسالة وضعها سنة 1732 ، وخصصها لمسألة الجسمين : ونجد فيها ، لأول مرة ، الترجمة التحليلية لنظرية نيوتن . وفي الحال ، ثلاثت اعاصير ديكارت ، التي لا تخضع للحساب ، في نظر الرياضيين . أما المعارضون الآخرون فقد انضموا عموماً عندما تقرر تفلطح الأرض سنة 1737 ، سنداً لنظرية الجاذبية الكونية . واخيراً ادت عودة المذهب هالي سنة 1759 الى اجماع في الرأي العام .

II - معدات علم الفلك الموقعي

كان قياس موقع كواكب النظام الشمسي والنجوم البراقة موضوع اهتمام الفلكيين في القرن الثامن عشر : وكان علم القياس الفلكي (استروميري) من صنعهم .

وكان المطلوب من المعدات هو الدقة لا القوة . يجب ان تكون مستقرة وقليلة التعرض للتشويه او التغيير . وكان نموذجها العام القطع (سكتان او ربع الدائرة بحسب زاويتها) ثم فيما بعد آلة قياس خط الهاجرة .

السدسيات - تشتمل السدسية (سكتور) على منظار متحرك ضمن سطح حول محور عامودي قريب من الشبكية (Objectif) . ويقاس الدوران على قوس مرقم ، كما يشتمل على شاقول (او خيط ذي رصاصة) معلق بمحور الدوران . وهذا الشاقول يسمح بتعيين الخط العامودي على القوس . والمجموع يمكن توجيهه ، وعندها يكون مربوط بحمالة بواسطة مسمار ذي محور عامودي . والناظور مثبت فوق قوس مرقم والسدسيات تكون حائطية ، ومثبتة ضمن سطح الهاجرة . اما الناظور فهو الذي يتحرك فقط .

وشبهية الناظور ، وحتى اكتشاف الاكرمه (اي انفاذ الضوء من غير تحليله) كانت عدسة بسيطة قطرها صغير (عدة سنتيمترات) ، ذات مسافة بؤرية كبيرة (متر او اكثر) اما العينية (Oculaire) فبسيطة انها عدسة مسطحة محدودة ، انها عدسة كبلر Kepler . وآخر آلة مجردة من الناظور ، وعبرها يتم النظر بالعين المجردة هي العضادة (جزء من الاسطرلاب) ذات وريقات او ريشات تحدد جهة الرصد ، وهذه الآلة من صنع هفليوس Hevelius الذي مات سنة 1687 . وكان الاب بيكار Picard هو اول من استعمل سنة 1669 السدسيات المزودة بناظور ذي شبكة .

وكان صنع الادوات يتم حتى ذلك الحين على يد حرفيين او على يد الفلكيين انفسهم . وبعدها قام فنانون (كانوا يسمون كذلك) مشهورون ببناء الاجهزة الاولى ذات القيمة العالية . وتحمل السدسيات المحفوظة حتى ايامنا ، في المجموعات ، اسماء الفرنسي لانغلوا Langlois او الانكليزي غراهام Graham ويرد Bird ورامسدن Ramesden . ويعود جزء من الفضل في هذه النتائج الحاصلة الى هؤلاء الصناع الذين مكنتهم صبرهم ومهارتهم العجيبة من تلافي النقص في التقنية .

رصد المرتفعات - ان رصدات الاعالي تتم ، فضلاً عن اتجاه المنظار فوق القوس ، على تحديد

موقع الصورة بالنسبة الى خيط افقي ثابت واقع ضمن السطح البؤري للشبيحية (Objectif) . اما الميكرومية ، الذي اخترع في القرن الماضي ، فقد طوره الدانمركي رومر Romer تطويراً جعله اشبه بحالته الراهنة تقريباً ؛ فهو يتضمن ، على موازاة الخيط الثابت ، خيطاً متحركاً ، يقاس تنقله بدوران برغي يحدث هذا التنقل . وترصد النجمة تحت الخيط المتحرك ، اما قيمة القياسات فتتعلق بانتظامية تحرك البرغي ، ويغيب التلاعب في جرجرة العربة الناقلة للخيط . ولم تحصل هاتان الخصوصيتان الا بصورة تدريجية . ورصودات برادلي Bradley ، التي سوف نرى دورها فيما بعد ، مدينة بدقتها الى اسلوب مختلف ، يسمى اسلوب « البرغي الخارجي » ، فلا يوجد ميكرومتر في السطح البؤري ، بل برغ ميكرومترى ، يتيح - بعد التصويب بالشاقول لقسم من اللب (حافة كوكب) الملصق بالمنظار - نقل هذا الاخير حتى يتم رصد النجم بالضبط تحت الخيط الثابت ، ثم قياس هذا التنقل .

رصد المرور العابر - ان تحديد لحظات المرور بخط الهاجرة لم يلاق اهتماماً الا من يوم اتاحت ساعات ذات رقائق مَرُصِيَّة ، تأمين دقة شبيهة بالدقة في قياس المرتفع . فالمرتفع الذي يتغير ، في الحين من 10^3 الى 1° (بحسب طبيعة الرصودات) يتوافق ، فيما خص التنقل الذي يترجم الحركة اليومية ، مع فترة من الزمن تتراوح بين ثانية الى $1/10$ من الثانية ، اذا كان الامر يتعلق بنجمة بعيدة عن القطب . ومنذ ان ابتكر هويجنس (Huygens 1657) ، الرقائق المنظم ، بذلت جهوداً لتحسين الساعات ذات الرقائق ؛ ولكن التغييرات غير المتوقعة في الرصودات العابرة عموماً ، توحى ببعض الحذر للفلكيين . وبعد اتفاق المنفصل المعزول غراهام (1715) ، واستبعاد المفاعيل الحرارية على المنظم (انبوب زئبقي وضعه غراهام 1726 ، حاجز ثنائي المعدن ، من صنع هاريسون ، حوالي 1730) تمت العودة الى الرصودات العابرة ، التي سبق ان قام بها بيكار بصورة منهجية .

وهناك عدة خيوط عامودية على الخط الافقي مرتبة بشكل تناظري في السطح البؤري . وتقدر لحظات المرور بهذه الخيوط بفضل عملية الرصد بالعين والاذن ، وهذه العملية ابتكرها برادلي Bradley وظلت تطبق طيلة مئة وخمسين سنة ، الى ان تم انجاز المعدات المسجلة كهربائياً ؛ فقد كانت تعد ضربيات رقائق بالثانية ، وتدون . بالعين المواقع التي يحتلها النجم اثناء نبضات الرقائق ، هذه النبضات التي تشمل لحظة اجتياز الخيط . وكانوا يستطيعون بهذه الطريقة تجزئة الثانية الى اعشار .

ادوات خط الهاجرة - رغم ان اسلوب برادلي لم يكن يخلو من اثر منهجي مرتبط بالرصد فان الخطأ الرئيسي في هذه القياسات كان مصدره قلة مقاومة التشوهات الجانبية من قبل القطع (Secteur) الحائطي : فمحور الناظور ذي المترين كبؤرة يتنقل بمقدار 10^3 اذا اصاب الطرف المتحرك فيه تحريك عرضي مقداره 0.1 مم اي عشر المليمتر ، في الوقت الذي كانت قيادة الطرف لا تؤمن بمثل هذه الدقة بالملامة بواسطة قوس معدني شعاعه 2 متر . ومع ذلك ، وبعد 1690 انجز رومر الماشينا دومستيكا اي الالة المتحركة ، وهي اول اداة هاجرية للمرور ، ركزها في اطار شبك في منزله في مدينة كورنباغ . واهم خصائص الالة الحديثة كانت موجودة فيها : محور الدوران يمر في وسط المنظار ، الذي كان انبوه

مؤلفاً من مغروطين ملتصقين بقاعدتيهما . وكانت ارتفاعات المحور تنفادى بنظام من التوازنات تعادل وزن المنظار . اما خيوط الميكرومتر فكانت مضادة . وكان هذا الانجاز بدون غد . فالتجهيزات العبقريّة التي وضعها رومر لم تتحقق الا بعده بوقت طويل ، وبعد تلمسات لا مبرر لها .

ونفس المصير اصاب الآلة المسماة روتامريديانا ، وهي دائرة هاجرية كان رومر قد استعملها انطلاقاً من سنة 1704 لرصد الارتفاعات الهاجرية . وكانت الدائرة ، حالها كحال الادوات الحديثة ، دائرة كاملة متماسكة مع المنظار . وكان الجميع عمولاً بمحور الدوران الذي يتركز على اعمدة . وقلة المبالاة التي واجهت هذا الجهاز لها ما يبررها هنا : ان صغر حجم الدائرة الاضطرابي وكذلك صغر المنظار لم يكونا يأتلفان مع المسافات البؤرية الكبيرة في الشبحيات Objectif البسيطة الضرورية لتلافي نتائج التضليل اللوني .

الشبحيات المركبة (Les objectifs compés) - كانت الاكرمة اي تفادي التضليل اللوني احدى مكتشفات منتصف القرن⁽¹⁾ . فحتى ذلك الحين كانت الهدفيات مؤلفة من زجاجة واحدة . وكان التضليل اللوني يشتت فوق المحور البؤر المتعلقة بالالوان ، القصوى ؛ وكانت الصورة ، وهي بقعة متفرجة ، اي متعددة الالوان ، لا تبدو صغيرة الا اذا كانت رزمة الضوء شديدة التفكك اي اذا كانت فتحة الهدفي ضعيفة جداً . وكانوا يستعملون شبحيات نسبة فتحتها (اي نسبة قطر المسافة البؤرية) تتراوح بين 1/50 للهدفيات الصغيرة (2 الى 3 سنتيمتر) وبين 1/300 للهدفيات الكبرى .

وانطلاقاً من سنة 1758 انتج البصري الانكليزي دولون Dollond ، بشكل عادي المزوجة الكروماتيكية (التي تذهب تضليل الالوان) الكلاسيكية المتكونة من عدسة مقاربة من الزجاج العادي ومن عدسة مفرقة من البلور الرصاصي الخاص او فلنت Flint .

ونشأت نظرية التضليل (الهندسي واللوني) بعد ذلك بقليل . ونفس الوقت تقريباً بُني علم بصريات الهدفيات كاملاً تقريباً . انه من صنع كليرو Clairaut والمبير d'Alembert . ويحوتها التزامنة وقعت بين 1760 و 1768 وكانت حصائل اعمالها متكامل . وتحليل الاضاليل من الدرجة الثالثة قد تم والتصحيح قد عُرض . وحسب كليرو وحقق الهدفيات الاولى الممتازة التي تُدعى الزيفان والتضليل .

III - اتجاهات الكواكب الظاهرة واتجاهاتها الوسطى

ان الاتجاه الظاهر لنجم ما يتحدد بمعرفة الانحرافين الزاويين (انحراف وصعود مستقيم) المحددين نسبياً بالسطوح الاساسية : خط الاستواء السماوي ودائرة فلك البروج . والملاحظات المدونة في حقبتين مختلفتين لا يمكن مقارنتها مباشرة الا اذا كانت الارض والسطوح الاساسية ثابتة . وحركة الارض تهمز الاتجاه الحقيقي لمفعول التضليل والزيفان . وحركات السطوح الاساسية تؤثر في

(1) انظر الفصل 1 من الكتاب 2 من هذا القسم .

الإحداثيات لمفعول مبادرة الاعتدالين (Précession)، وهو حدٌ قديم جداً (اي تراكمي) ومفعول تمايل محور الارض بفعل الشمس والقمر معاً (الكبو) وهو حدٌ دوري يؤرجح الإحداثيات حول القيم الوسطى. وانتقال الاتجاه الظاهر لكوكب ما الى اتجاهه الوسطي يسبق بشكل طبيعي استخدام الرصد.

من هذه المفاعيل الثلاثة، اذا كان الثاني، وهو معروف قديماً، قد قُسر من قبل نيوتن، فان الاول والثالث سوف يكتشفان ويفسران سنة 1728 و1737. وهكذا تشكل فصل مهم في علم الفلك، بمعظمه في مطلع القرن. وهذا قد تحقق بشكل فريد بمناسبة موضوع لم يأخذ حله الا في القرن التالي: تحديد زاوية الاختلاف النجمي.

ومفعول زاوية الاختلاف هو بشكل عام الاختلاف الذي يحصل بالنسبة الى نظام مرجعي ثابت، للاتجاه الذي يجمع بين نقطتين تتحركان حركة نسبية. واحد عناصر هذا المفعول هي المسافة بين نقطتين. ان حد الانحراف او زاوية الاختلاف، تستعمل من قبل الفلكيين للدلالة على الفرق الزاوي الذي من خلاله، وعن هذا البعد، نرى طولاً اتفاقاً اصطلاحياً (شعاع وسط الارض، اذا كان الامر يتعلق باجسام من النظام الشمسي، وشعاع المدار الارضي اذا كان الامر يتعلق بالكواكب). واذاً فهي فروقات او انحرافات زاوية تحدد المسافات، التي ليس لها اي معنى دقيق على الصعيد الكواكبي، بالمعنى الصحيح للكلمة.

واذا كانت الارض تدور حول الشمس، فان الاتجاه الظاهر لكوكب قريب موجود في شمال المدار (فلك البروج) يجب ان يتلقى حركة دائرية سنوية بالنسبة الى اتجاهات النجوم البعيدة جداً عنا (والتي تكون هذه الحركة بالنسبة اليها غير محسوسة)، وفرجة التنقل هي بالضبط درجة انحراف النجم؛ وضمن اتجاه آخر غير اتجاه قطب فلك البروج تكون الحركة التي حصلت في نفس الحقبة اقل بساطة ولكنها اسهل حساباً. واكتشاف انحرافات الاجرام السماوية، اي اختلاف درجتها كان وسيلة اكيدة للثبوت من مادية حركة الارض حول الشمس، اذ كان ذلك حتى ذلك الحين يقيناً رياضياً فقط.

اكتشاف الزيفان - كان العلماء يأملون بالثبوت من مفعول الانحراف انطلاقاً من نوع من القياس الذي يؤمن اكبر ضمان في تلك الحقبة: المسافة السمتية او الاوجية - وذلك في لحظة الذروة - لنجمة مسافتها هذه ضعيفة، وهذا الاحتياط يخفف من دور الانكسار؛ انها النجمة نفسها، ٢ دراكونيس التي اصابها التجربة طيلة 60 سنة.

ومنذ 1669 ظل هوك Hooke يراقبها، واكتشف فيها تغييراً سنوياً مقداره 30". تقريباً؛ وظن انه نجح. ولكن نوعية القياسات كانت عقيمة. وبالعكس، لاحظ بيكار وهو اب علم الفلك الدقيق، بعد ذلك بقليل، وبالنسبة الى النجم القطبي، لاحظ تفاوتاً سنوياً مقداره اربعون ثانية؛ وتقرر انه، رغم وجود هذا الفرق السنوي، فهو لا يتفق في اتجاهه مع التفاوت الانحرافي (بارالاكتيك).

وحصلت تأكيدات لهذا المفعول غير المتوقع بالنسبة الى ٢ دراكونيس Draconis. وعندها في

سنة 1727 بنى برادلي خصوصاً قطعاً سميّاً (سكوتور) من 4 امتار ، مزوداً بالبرغي الخارجي الذي سبق وصفه اعلاه : واستطاع ان يكتشف في السطح الهاجري قوساً قصيراً نسبياً من 12° ونصف ، ولكنه كافٍ لرصد 200 نجمة ؛ اما الاخطاء في القياسات فلم تبلغ ثابنتين . وسرعان ما اكتشف برادلي تغييراً في المواقع الظاهرية لكل النجوم ؛ وبعد سنة ، عادت كل الاتجاهات الى مواقعها الاولى ؛ والشيء العجيب ان فرجة الانحرافات بدت هي ذاتها . فضلاً عن ذلك شبهت الظاهرة ما كان متوقفاً من درجة الانحراف (بارالاكس) ، اي ما يقارب من تأخير ثلاثة اشهر : ان الانحراف لم يحدث في اتجاه الشعاع شمس ارض بل في الاتجاه العمودي الذي هو بشكل محسوس اتجاه حركة الارض .

واتاحت نظرية نيوتن حول بث الضوء لبرادلي ، ان يؤول الانحراف وكأنه النتيجة الظاهرة لتفكك سرعة شعاع ضوئي ساقط ولسرعة الارض اثناء حركتها السنوية . وبلغ الفرق الناتج عن الانحراف ، اوزيغان الثوابت ذروته عندما كان هذان السهمان عاموديين . وهذه القيمة الذروية هي مقدار الزيغان الشمسي ، او الزاوية التي تتحرك ضمنها الارض ، طيلة الزمن الذي يضعه نور الشمس ليصل الى الارض . وكان الزيغان الشمسي معروفاً ومقدراً . بحوالي عشرين ثانية ، وذلك منذ الاكتشاف الشهير من قبل رومر للحركة المتتالية للضوء ، وهو اكتشاف يعود الى سنة 1675 ⁽¹⁾

وفي ايلول 1728 قدم برادلي تفسيراً لهذه التنقلات الظاهرية ذات الفرجة النصفية البالغة عشرين ثانية . وظهرت رسائله التي اعطاها للجمعية الملكية في لندن ، حالياً ، في مجلة « فيلوزوفيكال ترانزاكسيون » وكان لها وقع كبير . لقد تقرررت حركة الارض الفعلية حول الشمس ، وبشكل مختلف عما كان متوقفاً .

وفيما بعد ، ولتفسير الزيغان ، في اطار نظرية التارجححات ، تم اللجوء الى الاعيب متعبة ؛ واليوم لا يمكن تعريف مسار الشعاع الضوئي بصورة ايسر ، اذ يتوجب تدوينه في المركب الفضائي - الزمني - المحلي ، ولم يعد تفسير برادلي كافياً : الا ان التصحيح الذي اصاب نتيجة تفسيره الجيومتري لم يكن الا من الدرجة الثانية اي $1/10000$ بقيمة نسبية ، دون اي تغيير علدي طارىء .

تمايل محور الارض - ان البحث عن درجات انحراف الكواكب لم ينته بعد . وتابع برادلي قياساته بعد ان نقب في الملاحظات المتعلقة بالزيغان الذي اكتشفه .

وكانت الدقة البالغة جزءاً (ثانية) من الدرجة غير كافية - وقد عُرِف ذلك - بعد قرن من الزمن - لكي يظهر مفعول انحراف الدرجة (بارالاكس) ، ذلك ان النجوم الاقرب كانت بعيدة بعداً لم يكن بالامكان تصوره في ذلك الزمن .

ولكن هذا اتاح ، من مجمل الرصدات ، اكتشاف (1737)، ثم بعد عشر سنوات ، تحديد تفاوت معقد مدته تساوي 18 سنة .

وهذه المدة هي ايضاً مدة الدوران ، دوران خط عقد القمر . وقد سبق لنيوتن ان فسر انتقال

(1) راجع القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 3 .

مكان محور دوران الارض ، بتأثير الشمس والقمر ، على الانتفاخ الاستوائي في الارض . وقد استنتج برادلي من ذلك ان التأرجح ، خلال 18 سنة ، تأرجحاً في الموقع النسبي لسطح المدار القمري بالنسبة الى سطح خط الاستواء الارضي ، يجب أن يُدخل تفاوتاً بذات المدة في حركة محور دوران الارض ؛ واحداثيات النجوم أسندت بالتالي إلى نقطة متحركة وتتغير بصورة دورية

وقد جر تحليل الرصدات برادلي الى وضع - بالنسبة الى محاور مدار التأرجح (Nutation) الذي يرسمه القطب - مقدار $18''$ و $16''$ (وهما قيمتان مقبولتان اليوم : $18,40''$ و $13,8''$) .

الانكسار الفلكي - هناك ظاهرة مختلفة تماماً ولكنها تدخل بنفس الظاهرات السابقة ، في تخفيض الرصدات الظاهرية ، وهي الارتفاع الذي يصيب الشعاع الضوئي اثناء مروره عبر الفضاء الارضي . هذه الظاهرة التي تتجاوز $30''$ عند الافق ، لم تفت الرصد الاقدمين ، ولكنها ظلت مقصورة على الارتفاعات الخفيفة . وعرض المنظرون الاولون ان الانحراف مستمر ، وهو تنازلي منذ الافق ، ويلتغي فقط عند السميت : على هذا كان كيبلر Kepler سنة 1604 (لانه لم يكن يعرف قانون التجاوب « سينوس ») وكذلك ج. د. كاسيني J.D.Cassini سنة 1666 ، يوم كان ما يزال في بولونيا . ولكن دقة القياسات لم تكن تسمح بتقييم مقدار الثقة التي كان من الواجب اسنادها الى هذه النظريات .

والانكسار ، الذي يتجاوز $30''$ عند المسافات السميتية ذات 30 درجة ، يجب اعتباره الان بصورة اصح . وبنيت على هذا جداول مختلفة . وكانت جداول برادلي ، المستخرجة من سلاسل ملاحظاته الطويلة ، مقبولة في انكلترا . اما بوغر Bouguer الذي وضع جداول نصف نظرية ، فقد درس ايضاً مفعولين مهمين ، اثناء رحلته الى خط الاستواء ، هذه الرحلة التي سندكرها فيها بعد . فقد وجد بالنسبة الى الانكسار الافقي ، فرقاً مقداره $35''$ بين المقدار عند مستوى البحر والمقدار المقاس في كيتو ، التي تقع على ارتفاع 3000 متر تقريباً . ومن جهة اخرى فقد قبل بهبوط عند خطوط العرض الدنيا ، مقداره $7''$ بين خط العرض 50 وخط الاستواء ؛ والواقع المقصود هنا هو تأثير الحرارة ، تأثيراً اشبه به بوغر فقط . ومهما كانت هذه الجداول غير مكتملة ، فقد اتاحت ، بالنسبة الى المسافات السميتية الاقل من 45° ، ان لا تدخل على الانكسار خطاً اعلى من مسافات الرصد بالذات .

ولا يوجد اي مشجع ايجابي لصالح نظريات الانكسار الفضائي ، عندما عالج المشكلة لابلاس سنة 1804 . وحله يجب ان لا يكون قد تغير تغيراً مثيراً ، فيما بعد ، انه ما يزال مرضياً بمقدار ما يسمح به الغموض النسبي الذي حددت به الظاهرة .

IV - الحركات في النظام الشمسي

ليست حركات الكواكب هي التي سوف تكون موضوع بحوث شهيرة ؛ ان قوانين كيبلر ، التي تترجم الفعل الرئيسي ، اي فعل الشمس تمثل هذه الحركات بصورة ادق . وقد جرى التركيز ،

بالعكس، على دراسة المذنبات، وهي نجوم شاذة، وعلى القمر لأن حركته غير المنتظمة حلت بـ Plin القديم على القول أنها أي هذه الحركة تعذيب أفكار الرصد، كما حملت نيوتن على القول بأنها تسبب وجع الرأس والارق.

المذنبات - منذ نيكوبراي Tycho Brahé كان من المعروف أن المذنبات هي ذات تغير ظاهري غير محسوس، وليست ضمن فضاء الأرض. وقد رسمت مساراتها، رسمًا تجريبيًا: مستقيمًا أحيانًا ومستديرًا أو بيضاويًا. وقد وسع نيوتن قانون الجاذبية حتى اشمله المذنبات، ورسم مداراتها بشكل اهليلج مستطيل يشبه البارابولات في المنطقة المجاورة للشمس حيث رصدها يكون ممكنًا (رصد الاهليلجات) وقدم أيضًا طريقة لتحديد المدار البارابولي انطلاقًا من ثلاثة رصدات للاتجاه، بواسطة بناء رسمي وتقريبات متتالية؛ وهي طريقة غير مكتملة ولكن دقتها ترضي، نسبة إلى دقة رصدات ذلك الزمن.

من المعروف أن هالي Halley طبق هذه الطريقة على تحديد مدار مذنب 1681 - 1682⁽¹⁾. وقد حرص أيضًا على حساب مدارات المذنبات القديمة التي سبق ورصدت رصداً كافياً، وقد عثر منها على 24 مذنبًا. وكان منها اثنان لهما نفس عناصر الزوايا، (مع فرق أقل من درجة، مثبتًا موقع سطح المدار وموقع محوره) التي كانت للمذنب 1682. وكانت نقطة الرأس (أي النقطة الأقرب إلى الشمس في مدار المذنب) بالنسبة إلى المذنبات الثلاثة، متساوية المسافة بالنسبة إلى الشمس. وكانت سنوات ظهور المذنبات وهي 1531 - 1607 و 1682، تتوافق بحيث تسمح برؤية نفس الشيء في المذنبات الثلاثة، التي رسمت مداراً بيضاويًا من 76 سنة. وكانت نقطة المدار الأبعد عن الشمس قد تحددت بمقدار المحور الأكبر للقطع الاهليلجي، المستخرج عملاً بقانون كبلر الثالث، والواقع أبعد عن الشمس أكثر بـ 18 مرة من بعد الأرض عنها، أي مرتان أبعد من أعظم مسافة تبعداها أبعد الكواكب المعروفة يومئذٍ وهي زحل.

وقد تنبأ هالي إذاً برجوع المذنب، لسنة 1758، المذنب الذي كان رصده سنة 1681 - 1682. وكان لعودة المذنب في التاريخ المحدد، وهو أمر سوف نعود إليه، كان له وقع عظيم. وكان له أيضاً نجاح باهر بالنسبة إلى نظرية نيوتن. وكان لذلك أيضاً أهمية سيكولوجية بسبب التأثيرات الغامضة، الضارة عموماً، التي تعزى، بحسب المعتقد الشعبي إلى أشياء تخرج ظاهرياً عن نطاق القوانين الطبيعية. هذه المعتقدات الراسخة، قد تحطمت بعمق، ولم تعد للظهور إلا من عهد قريب.

تحديد المدارات - لم يوجد بعد ذلك أي مذنب دوري مكتشف قبل مذنب انكي سنة 1818. وقد سجل مروران لهذا المذنب في آخر القرن الثامن عشر، ولكن ظهوره لم يكن كافياً حتى يبرز للعيان. في هذه الأثناء كان العمل من أجل التعرف على المذنبات قد اُعيد، من قبل البحوث المخصصة لاستكمال طريقة نيوتن من أجل حساب المدارات انطلاقاً من ثلاثة رصدات. ويعبر عن

المسألة جيومترياً بعبارات بسيطة : العثور على غروط ذي بؤرة معروفة يقطع ثلاثة اتجاهات محددة في الفضاء ، في نقاط بحيث تكون السطوح المكنوسة بالشعاع السهم المنطلق من الشمس ، على طول القوسين المحددين على هذا الشكل ، بنسبة معروفة (نسبة تباعدتين زمنيتين يفصلان الملاحظات الثلاث) . والحل ليس جبرياً .

وحالة الحركة البارابولية ، التي كانت وحدها تم في تلك الحقبة من اجل تطبيقها على المذنبات ، تلقت من اولبير Oibers سنة 1790 ، المعالجة التي ما تزال مستعملة اليوم ؛ والعنصر المهم في هذه الطريقة هي صيغة ، تربط ، فيما بين موقعين ، الحقة الزمنية والاشعة ، والحبل القاطع La corde نشرها اولر Euler بعد 1744 . وتلقت هذه الصيغة ، في اغلب الاحيان ، اسم الرياضي الذي وجدها بنفسه مستقلاً ، بعد بضع سنين ، هو لامير Lambert ، الذي من مزاياه انه كان لديه الالهام بالدور المتواضع الذي تلعبه درب المجرة في قلب الكون النجمي .

وحالة الحركات الاهليلجية عرلحت نظرياً من قبل لابلاس سنة 1780 ولاغرانج (1778 و1783) وطرقهما المختلفة لما تستثمر فعلاً حتى اليوم ، وليس من المستبعد ان تكون طريقة لابلاس غير ذات استعمال مريح .

جداول القمر - ان المفعول المتبادل بين الكواكب لم يكن امراً غير محسوس . وقد اهتم نيوتن بالامر ؛ بل انه اطلق الفكرة بان الاضطراب الذي تحدثه هذه المفاعيل في الحركات يقتضي بصورة دورية التدخل الالهي ، وفي هذا موضوع انتقاد امسك به لينيز . والواقع ان « الاضطراب » المنسوب الى الارتجافات محدود ، ويتلق قبل كل شيء بالقمر .

ان جداول القمر ، اللازمة يومئذ للبحارة ، كانت ذات طبيعة تجريبية في اواسط القرن التاسع عشر . فقد كان المطلوب من الارصاد تقديم كل المعاملات Coefficients المتعلقة بالتفاوتات التي اتاحت القياسات كشفها ، وفيما بعد معاملات التفاوتات التي قضت النظرية بتوقعها . وبني هالي ثم ت. ماير T.Mayer جداول سندا لرصوداتهم الطويلة المتتالية . ونشرت جداول ماير سنة 1770 ، اي بعد ثمانين سنوات من موته ، وظلت لمدة طويلة قيد الاستعمال . وقد خصص البرلمان الانكليزي لأرملته مكافأة قدرها 3000 ليرة استرلينية عن هذه الجداول .

التسارع الزمني للقمر - بين العناصر المعقدة في حركة القمر ، يحتل التفاوت الزمني مكانة خاصة : فقد لاحظ هالي وهو يقارن بين تواريخ الكسوفات المدونة منذ العصور القديمة ، لاحظ سنة 1693 ان حركة القمر حول الارض تتسارع . وفيما بعد قدرت . ماير بـ "13" ثم بـ "18" ، في كل قرن ، التزايد لموسط حركة القمر في كل قرن . ومثل هذا الحدث لم يكن موضوع نقاش : فقد ترجم بتفاوت في موقع القمر بلغ درجة واحدة في 20 قرناً .

وأدى قانون المساحات الى تقلص مقابل في المسافة بين القمر والارض ، يؤدي الى التصاقها وهذه الكارثة وان كانت بعيدة جداً فهي تبعث على الخشية . وقد اطمأنت العقول المهتمة بأبدية ركيزتنا ،

عندما ربط لابلاس في سنة 1787 هذا التفاوت بتفاوت ناتج عن انحراف مدار الأرض عن مركزه ، بعد ان حدد مقداره . وبالفعل ان التغير في المسافة الوسطى بين الأرض والشمس ينعكس على المسافة الوسطى بين القمر والشمس . ومتوسط حركة القمر مرتبط جزئياً بهذه المسافة الأخيرة اي بالمسافة بين القمر والشمس . ويعود الامر في النهاية الى نوع من التفاوت الدوري الضعيف المدى المعزى الى الارتجاجات الكوكبية في المدار الأرضي . ولكن الحقبة هي من الطول بحيث ان الظاهرة ، تبقى لعدة الاف من السنين واحدة بشكل محسوس .

والاتفاق بين القيمة النظرية التي وضعها لابلاس والقيمة المبنية على التجربة كان اتفاقاً كاملاً . ولكنه لم يكن الا ظاهرياً : فالحدود المهمة في الحساب ردت فيها بعد الزيادة الزمنية الى "14" ؛ أما القياسات العصرية فتحمل المقدار المرصود الى "25" . ومن المعروف اليوم ان القيمة المرصودة ، يجب ان تجرد ، فعلاً من مفعول مهم اتاحت القيمة النظرية تقديره بدقة : فالوحدة التي استخدمت لقياس الأزمنة ، واليوم الشمسي الوسطي ، تزداد كل قرن ، لان دوران الأرض يصيبه البطء . هذه الخسارة في الطاقة الحركية تعزى في معظمها الى التوفي البهار والى لزوجة الماء التي يجب ان لا تهمل . وكان الفيلسوس كانت Kant قد استشعر في سنة 1754 هذا البطء الأرضي وسببه .

مشكلة عدد الاجسام n - لا تفصل الدراسة التحليلية لحركة القمر عن البحوث حول الارتجاجات ، اي عن دراسة الموضوع الشهير موضوع عدد (n) الاجسام : حركة عدد من النقط المادية تتجاذب بحسب قانون نيوتن .

في حالة وجود مذنب ، ذي جرم لا يستحق الذكر ، تكون المسألة مبسطة : يكفي ، على حدة حساب الارتجاجات التي يتلقاها المدار الكيلوري من قبل الكواكب الاكبر او من التي يقترب منها المذنب اكثر . ولهذا وضع كليرو Clairaut تاريخ العودة الى النقطة الاقرب من الشمس ، للمذنب هالي ، بعد الأخذ بالاعتبار تأثيرات زحل والمشتري ، وحدد هذا التاريخ في 13 نيسان 1759 ، أي بتأخير عدة شهور عن التاريخ الذي تحدده حركة غير مرتجفة . وقد حدث المرور الفعلي قبل شهر من التاريخ المحدد ، ذلك ان تقديرات اجرام الكوكبين ، غير المؤكدة لم تنح دقة اكبر ، رغم ما استازت به فعلاً .

وتبدو اكثر تعقيداً المسألة المتعلقة بالكواكب التي تتفاعل فيما بينها ، وكان اول مفعول من هذا النوع قد لوحظ بعد سنة 1675 : فقد لاحظ هالي وجود تفاوتات بانحرافات متعاكسة في حركات المشتري وزحل . وعرضت دراسة الارتجاجات المتبادلة بين هذين الكوكبين كموضوع ذي جائزة قدمته اكااديمية العلوم في باريس سنة 1748 وسنة 1752 . وريخ اولر Euler الجائزين . وهذه المناسبة ادخل الطريقة التي اصبحت اليوم كلاسيكية . والتي اطلق عليها الاسم الغريب « تغيرات الثوابت » . وتمت دراسة حل نظام المعادلات التفاضلية انطلاقاً من دراسة نظام قريب ولكنه قابل للتكامل : فتوابت مكاملة النظام الاخير ، المعبر عنها تبعاً للمتغيرات الأساسية ، هذه الثوابت اعتبرت كمتمغيرات جديدة .

وبفضل اعمال كليرو ، ودالمبير ، واولر ، ولاگرانج ، ولابلاس ، اصبحت المسألة ، ان لم تكن محلولة ، فعلى الاقل مطروحة بالشكل النهائي الذي يسمح بالمعالجة العددية لمختلف الحالات . ومن النتائج الرئيسية لهذا العمل الضخم نكتفي بالاشارة فقط الى بعض النتائج التي يمكن ان تصاغ ببساطة .

لقد اعطى دالمبير سنة 1749 لمبادرة الاعتدالين (Précession) تفسيراً اكثر دقة من التفسير الذي قدمه نيوتن ، واعطى للانحراف الارضي (Nutation) المحدد منذ ستين تقريباً ، تفسيراً رياضياً ، لم يستكمله بوانسو Poinso لا بعد مئة سنة .

ورد لاگرانج مسألة الاجسام الثلاثة الى حل نظام المعادلات الاثنتي عشرة الى تفاضليات العناصر الآتية في المدار ، وهي المعادلات التي سميت بمعادلات لاگرانج الكلاسيكية في الميكانيك السماوي . وهذا النظام سوف يكون اساساً لكل الدراسات اللاحقة وبصورة خاصة لاعمال لوفريه Le Verrier ؛ لقد اثبتت جداول الكواكب عنه .

استقرارية النظام الشمسي واصالته - يعتبر لابلاس ولاگرانج مؤلفي النتيجة الشهيرة حول ثبوتية المحاور الكبرى . فقد بين لابلاس سنة 1773 ان طول محاور المدارات الكوكبية لا يتغير مع الزمن بعد تقرب النظام الاول بالنسبة الى الاجرام والثاني بالنسبة الى الخروج عن المحاور او المراكز وبالنسبة الى الانحرافات ، ورفع لاگرانج ، بعد ذلك بـ 3 سنوات القيد المتعلق بالخروج عن المركز وبالانحرافات ولكنه بشكل خاص قدم اقتراحاً بتبيين مدهش في فخامته وبساطته . واذا كان من الصواب التوضيح بان استقرارية النظام الشمسي لم تقتررب هذه النتيجة الا بشكل نسبي ؛ واذا كان بواسون قد وسعها سنة 1809 بحيث تشمل النظام الثاني من الاجرام ، فقد ثبت تماماً فيها بعد ان هذه النتيجة لم تثبت عند التقرب الثاني ، فيجب ان لا ننسى ان المسألة الحقيقية رغم قربها الشديد من المسألة الرياضية فهي تفصل عنها حتى بالمفاعيل الفيزيائية اكثر من بعدها عنها بالحدود المهمة في المعالجة الرياضية .

وتدرج نشر كتاب الميكانيك السماوي لمؤلفه لابلاس Laplace ، بين 1799 و 1825 . اما نيوتن فقد دمج المعارف في عصره ، وقام لابلاس بتحليل معارف عصره . وكثير من هذه المعارف كانت ثمرة جهوده الخاصة⁽¹⁾ . الى جانب هذا البناء ، كانت هناك محاولة تركيبيه متواضعة بشكل مذكورة ادخلت ضمن كتاب « عرض نظام الكون » (وهو كتاب نشر سنة 1796 ، ثم عدل عدة مرات) : وهي فرضية تكون النظام الشمسي انطلاقاً من سديم اولي اخذ يبرد بصورة تدريجية . وعلى الرغم من عدم وجود اي حساب تبريري في النص ، فان العالم المثقف الذي اليه يوجه الكتاب ، قد وعى تماماً انه يوجد

(1) بعض هذه المظاهر في كتاب لابلاس سوف تعالج في المجلد التالي (القرن التاسع عشر) .

هنا ، ولأول مرة ، تمثيل للكون ذو طبيعة علمية حقة⁽¹⁾ . فالفرضية السديمية ، التي ظلت مقبولة لمدة طويلة ، ثم انتقدت دون ان تستبدل أبداً بأفضل منها ، جددت ، من عهد قريب ، في ضوء تقدم الفيزياء الكوكبية ؛ واصبحت تستند الى فرضيات علم الكون الحديثة التي تبدو أكثر قوة ومتانة .

V - أحجام النظام الشمسي

دلت الملاحظة على اتجاهات الكواكب ، وبفضل قانون كبلر الثالث Kepler III عرفت مسافاتها النسبية . ولمعرفة السلم الذي تجري بموجبه هذه التحركات من الضروري رد احد العناصر الى مسافة أرضية ، هو الشعاع الاستوائي الأرضي ، بالمنااسبة ، وبالتالي قياس زاوية الاختلاف (بارالاكس) الوسطية . وبارالاكسات الشمس والكواكب تعرف من واحدة منها ، وتصبح المشكلة تحديد « بارالاكس الشمس » (بصورة مباشرة او غير مباشرة) ، ان كوكبنا التابع [القمر] وحيد ، وتحديد البارالاكس القمري هو مسألة ثانية مستقلة .

والوسيلة الطبيعية لقياس البارالاكس هي تريغونومتريه ، شبيهة بثلاث توبوغرافيين او علماء المساحة . ويجري الأمر بالنظر المتزامن الى الشيء من محطتين تكون مواقعهما النسبية محددة . وزاوية الرؤية تكون ضعيفة بحيث ان المحطات تكون بعيدة جداً . ويجب ربطها بواسطة الإحداثيات الجغرافية التي تحدد كواكباً .

نضيف ان البارالاكس يتغير عكساً مع المسافة . ولثبيت الافكار نقول ان البارالاكس البالغ $10''$ تتطابق معه مسافة من 2656,5 شعاع استوائي أرضي ، اي ما يعادل 132 مليون كيلومتر .

مهمة كايان Cayenne - في سنة 1670 كلفت اكااديمية العلوم جان ريشر Jean Richer مهمة علمية في مدينة كايان . ومن القياسات المهمة التي اجراها سنة 1672 و1673 ، نذكر هنا ملاحظاته حول كوكب المريخ الذي حصل مروره في الوجه المعاكس خلال تلك الحقبة ، بحيث كان في موضع ابعد ما يكون عن الشمس . انه ظرف مرفيه الكوكب باقصى قربه من الأرض . وبواسطة قطع (Secteur) من مترين قام ريشر فروقات الارتفاع الهاجري ، أي الميل بين المريخ والكواكب المجاورة . وخلال هذه الفترة كان بيكار Picard وج . د . كاسيني J.D. Cassini يعملان نفس الشيء في باريس مع نفس الكواكب . وكان الفرق في خط العرض بين المحطتين يبلغ حوالي 45° . وأتاح مقارنة القياسات تحديد بارالاكس المريخ بـ $25''$ ، أثناء فترة التعارض .

في اقصى البعد عن الشمس (بريلي) ، تساوي المسافة بين الكوكب والشمس 1,38 شعاع المدار الأرضي . ومن جراء التعارض ، فان المسافة بينه وبين الأرض هي 0,38 . اي ان البارالاكس

(1) الواقع أن تمثيل كانت Kant 1755 ، رغم ضعف الأكيد يمتاز بالأسبقية ولذا يطلق غالباً على الفرضية السديمية اسم لابلاس كانت Laplace Kant .

الشمسي الذي هو بالنسبة الى بارالكس المريخ، ضمن هذه النسبة 0,38 يكون $5,9''$ (القيمة الحقيقية هي $8,8''$). وقبل هذا التحديد كانت كل الفرضيات حول الابعاد في النظام الشمسي من نسج الخيال الخالص.

وقمضي اكثر من ثلاث ساعات بين مرور كوكب في خط هاجرة باريس وهاجرة كايان . وميل المريخ بصاب بتغير أثناء هذه الحقبة من الزمن ، تغيراً ضعيفاً ولكن معروف . أما انحراف القمر فإنه يختلف بشكل كبير يجب معه إجراء رصدات متتالية عملياً من أجل التحديد الدقيق لدرجة انحرافه (بارالكس) : والمحطات يجب أن تكون على نفس خط الهاجرة . وقد جرت محاولة على أساس هذا المبدأ سنة 1704 . وكانت المحطات في برلين وفي مدينة الكاب (جنوبي افريقيا).

عملية 1751 - صممت عملية واسعة بشكل استثنائي ، متعلقة بالشمس (عن طريق رصد المريخ) ، وبصورة رئيسية بالقمر ، من اجل معرفة مقابل اقصى نقطة بعد للمريخ عن الشمس سنة 1751 ، واخذ العلماء : لاکاي Lacaille في الكاب ، لالند Lalande في برلين ، وبذات الوقت ، كاسيني دي توري Cassini de Thury في باريس ، وزانوتي Zanotti في بولونيا ، وبرادي في غريتش ، وورجنين Wargentin في ستوكهولم ، اخذ هؤلاء العلماء يرصدون الارتفاعات الهاجرية للقمر . وأدت مقارنة نتائج لاکاي ولالند الى تحديد نتيجة مماثلة بالنسبة الى زاوية انحراف القمر بارالكس $57'$ و $11''$ ؛ في حين أن القيمة الصحيحة هي $75'$ و $2''$ ($57' 02''$)، ولكن النقاش العام حول الملاحظات الرصدية كان صعباً ، إذ بلغت بعض القيم المستخرجة أكثر من $58'$ في حين أن بارالكس القمر كان منذ زمن طويل معروفاً نوعاً ما ؛ إذ من أجل إقرار قانون الجاذبية الكونية ، اتخذ نيوتن كقيمة لمسافة القمر ، ستين مرة شعاع الأرض ؛ وكانت الأعداد المقبولة في زمنه 60 أو 60,5 وهي تطابق $57' 20''$ و $56' 50''$ ؛ وبمعدل وسطي لم تكن التحديدات الجديدة أكثر دقة من هذه الأخيرة .

ووجد بارالكس مارس يساوي $727''$ مؤدياً بالنسبة الى بارالكس الشمس الى قيمة $10''$ و $25''$ ؛ وقدمت بعثة كايان Cayenne نتيجة أفضل . وإذا كانت بعثة لاکاي الى الكاب أكثر جدوى من نواح أخرى ، فإنه لا يمكن اعتبار ان عملية 1751 قد حققت في مجملها الوعود المنتظرة منها . ولكنها كانت جيدة من نواح أخرى ؛ فهي قد تجاوزت مرحلة مجرد التعاون بين فلكيين اجانب ، كما كان يحصل في كل زمان ، فإنه من الواجب اعتبارها كاول مثل للتعاون العلمي الدولي . انما كان لا بد من مشاريع أخرى من ذات الطبيعة ، يقوم بها فلكيون ، قبل ان تشكل في القرن العشرين الاتحادات العلمية الدولية الكبرى .

مرور الزهرة - ان الكواكب الأدنى ، وبخاصة الزهرة قربه من الارض ، اثناء التلاقي . ولكن مرورها يحصل نهاراً ، والقياسات المتعلقة بالكواكب المراجع تكون مستحيلة . وهذه القياسات تبدو غير مفيدة في الحالة التي يصل فيها الكوكب الى حالة الاتصال ، في فترة يكون فيها الكوكب في عقلة مداره .

ويرسم الكوكب عندئذ على صحن الشمس . وتختلف مدة المرور بحسب مكان المراقبة ،

بحسب طول الوتر الذي يرسمه الاتجاه الظاهر للكوكب فوق الصحن . وهذه المدة هي العنصر الوحيد الذي يجب قياسه . وقد بين هالي سنة 1716 ان وضوحاً كبيراً يجب توقعه من هذه الطريقة في تحديد درجة انحراف الشمس (بارالكس) .

ومرور الزهرة فوق الشمس نادر، وهذا المرور يتم مرتين كل ثماني سنوات . وعدد مرات المرور التالي في نهاية 113 الى 130 سنة . ومرات المرور التي حدثت سنة 1761 و1769 اجبرت الكثير من علماء الفلك على الانتقال بين سيبيريا ومدينة الكاب ومن كاليفورنيا الى تاهيتي تنقلات ليس المجال هنا لذكرها . ولكن الرحلة الاوديسية لآكثرهم سوء حظ يجب ان تذكر .

عُين لوجنتيل من قبل اكااديمية العلوم ليذهب الى محطة بونديشري، فذهب وبعد رحلة دامت اكثر من سنة وصل لوجنتيل Le Gentil الى هذه المدينة . ولكنه لم يستطع النزول فيها : فقد كان الانكليز يجاربون الفرنسيين منذ سنة 1756 وكانوا يحتلون المدينة في ذلك الحين . وتم مرور الزهرة سنة 1761 عندما كان لوجنتيل في البحر . فقرر انتظار مرور 1769، واخذ يتجول على طول شواطئ المحيط الهندي والمحيط الباسيفيكي واخيراً وصل الى بوندي شيري سنة 1769 (بعد ان كانت حرب السبع سنوات قد انتهت) . وفاته ايضاً رصد هذا المرور الثاني بفعل مرور غيمة عارضة . وعندما عاد الى فرنسا سنة 1771 كانوا قد حسبه قد مات : وقد اقتسم ورثته امواله .

ونتائج القياسات المجرة على الموردين كانت مختلفة . فبارالكس الشمس كان يقع بين 8" و 10" وادى نقاش الكل بـ انكي Encke سنة 1824 الى اعتماد 8" و 58. وأنت التصحيحات في خطوط الطول غير اليقينية في المحطات الى اعتماد 8" و 83 في سنة 1870. وهذه القيمة قريبة من القيمة المعتمدة اليوم والبالغة 8" و 79. ولكن هذا الاتفاق كان عرضياً في الواقع .

ودلت التجربة ان العلماء قد بالغوا في احتمالات قياس البارالكس الشمسي بفضل مرور الزهرة ، ذلك أن تقدير لحظة التماس كان صعباً . وبالعكس أن طريقة المعارضات ، المطبقة اليوم على بعض الكواكب الصغيرة التي تقترب كثيراً من الأرض تعطي نتائج ممتازة .

VI - شكل الأرض

النظريات الاولى - اضطر نيوتن ، بفعل التحليل النظري الى افتراض ان الارض لم تكن كروية : فالشكل الكروي لم يكن حلاً لمسألة التوازن النسبي في جرم متسق ذي دوران موحد الشكل . وافترض نيوتن ان الجرم يؤثر في شكل الاهليلج الدائري⁽¹⁾ . واثبت ، وهو يدمج التجاذب المتبادل بين الجزيئات والقوة الدافعة المركزية ، ان المدار الاهليلجي مرقق ومسطح وان التسطيع يساوي $1/230$.

(1) ويذكر اليوم أيضاً بناء على عهد لا بلاس أن نيوتن قد قبل بدون تبين قانون تغير الجاذبية الأرضية بحسب المواقع من خط العرض . ولكن هذه الملاحظة ليست ثابتة .

في سنة 1690 ظهر مضموعاً الى كتاب هويجن ، كتاب « الانوار الشهير » خطاب حول سبب الجاذبية الارضية . وقد رفض هويجن الجاذبية المتبادلة ، وقال بان كل جزيء يتلقى بصورة مستقلة جذباً نازعاً نحو المركز وثابتاً . وقد حدد بدون فرضية صورة التوازن (والمسألة هي ابسط من مسألة نيوتن : انه جسم اهليلجي مسطح ، وتسطيحه يساوي $1/578$ ، وبصورة عرضية بين ان افتراض وجود جذب (نحو المركز وغير متبادل) بحسب قانون عكس المربع يؤدي الى نفس النتائج .

وهذه الاعمال لها عدة مصادر ، من بينها التغيرات التي سبق الظن بها عن وجود تغير في الجاذبية الارضية بحسب الموقع من خطوط العرض . وقد اضطر ريشر سنة 1672 في كايان الى تقصير طول رقاص ساعاته : وقد لاحظ هويجن نفسه مفاعيل من هذا النوع : وهكذا تنخفض الجاذبية عند خط الاستواء .

وتنتج الجاذبية الارضية عن الجذب بالذات (الذي هو فعل الجذب الكوني) وعن الاثر ، بالاتجاه المعاكس للمكون الشعاعي للقوة الدافعة عن المركز . وهذه القوة النازعة عن المركز تزداد عند خط الاستواء بحسب قانون معروف جداً ، ويبدو تغير الجاذبية في ملاحظات الرقاص ، كبقية او حصيلة تغير ؛ وتأثير المسافة الى مركز الارض يمكن ان يكتشف ، يومئذ ، ولكن كان من السابق لاوانه المبحث في هذا المفعول عن معطيات واضحة حول شكل الارض .

القياسات الجيوديزية - (او القياسات التي تعني بشكل الارض وقياساتها) ان الدراسة المباشرة لانحناء خط الهجرة يتم انطلاقاً من قياس المسافة التي تفصل بين مركزين واقعين على نفس خط الهجرة ، وقياس الفرق بين خطي عرضهما ، الذي يعطي قياس زاوية عاموديهما . وشعاع الانحناء ، انحناء القوس المقاس هو شعاع الارض لو كانت هذه كروية ؛ في الفرضية المعاكسة يتغير الانحناء بحسب خط العرض الوسطي للقوس . ويكون طول الدرجة ، اي القوس الذي يختلف بعده الاقصيان بدرجة واحدة ، اكثر كبراً واتساعاً كلما كان الانحناء اقل اي كلما كانت المنطقة المدروسة اكثر تسطحاً .

وتفسير القياسات كان موضوع خطأ من جانب البعض الذين كانوا يخلطون زاوية العواميد مع زوايا الاتجاهات التي تجمع الامكنة مع مركز الارض . وهذه العواميد او الخطوط العامودية لا يمكن تمثيلها ، انما بالنسبة اليها يتطابق الطول الكبير لقوس من درجة واحدة مع منطقة بعيدة عن المركز اي واقعة في منطقة تمدد . وقد وقع ج. د. كسيني J.D Cassini بعد غيره ، في سنة 1704 في هذا الوهم وكذلك وقع ابنه جاك Jacques سنة 1713 . ولكن الخطأ زال من مذكرات كسيني اللاحقة ، وقد توقف عنده العديد من المؤلفين غير العلميين طويلاً . فقد اشتكى برنردان دوسان Bernardin de Saint - Pierre الذي كان يعزي الى ذوبان الثلج القطبي ظاهرة المد والجزر ، اشتكى بعنف من الموقف اللامصدق الذي وقفه الاكاديميون « المضللون على خطى نيوتن » تجاه حجته بتمدد الارض نحو القطبين وتضمن كتابه دراسات حول الطبيعة 1784 ، والكوخ الهندي 1791 شكواؤه . ومات غير

مفهوم ، كما هو الحال في ايماننا في ماترلينك Maeterlink وهو يدحض انشتاين Einstein .

وعلى الرغم من التقريب الضعيف في الحجاب النظري الذي يهتم بالسائل المتجانس كان وجود الانتفاخ الاستوائي يقينا بالنسبة الى نيوتن . فقد كان هذا الانتفاخ ضرورياً له لكي يشرح ظاهرة تقدم الاعتدالين . ولكن خصوم النظريات النيوتنية لم يقبلوها . وكان القرار الفصل متروكاً للقياسات الجيوديزية .

خط طول باريس - من المعلوم ان انجاز نظرية الجاذبية الكونية لم تكن لتحقيق على يد نيوتن الا عندما تمكن سنة 1684 من تقدير صحيح للشعاع الارضي مثبت عن « درجة بيكار » . انه قوس سوردون مالفوازين Sourdon - Malvoisine ، او تقريباً ، اميان باريس Amiens - Paris وطوله $22' 1''$ ، الذي قامه بيكار Picard حوالي 1670 . وانطلاقاً من 1683 سُرع في تحديد القوس بشكل شمل كولبور الى دنكرك . حتى كاسيني Cassini نشر نتائج هذا العمل سنة 1720 وحظله : ان طول الدرجة يبدو اقوى بالنسبة الى قوس $6''$ جنوب باريس مما هو للقوس شمال ذي $2''$. والفرق ليس كبيراً في الواقع من جراء درجة ضخامة اخطاء القياسات . واذا اعتبر هذا الفرق حقيقياً ، فالاهليج الارضي يصبح ممحداً . وهذا ما فعله الديكارتيون الذين انتصروا دون ان يدروا .

درجة البيرو Pérou ودرجة لابوني Laponie - ولكن سرعان ما لم يعد هناك ديكارتيون غلصون بين الرياضيين العظام ، غير جان برنولي . في سنة 1735 عينت اكااديمية العلوم في باريس بعثة كلفت بقياس قوس خط الطول (المريديان) . على خط الاستواء بالذات ، جنوبي كيتو . والحق ببعة بيرنو - التي كان بوغر Bouguer ولاكوندامين La Condamine من اعضائها البارزين - ضابطان اسبانيان لتقويتها . واشتغلت طيلة ثماني سنوات ضمن ظروف شاقة ، بسبب الارض الجبلية المستعصية على التلث ، بسبب المناخ الذي لا يلائم الرصد التجوي ، اضافة الى الصعوبات المالية والاختلافات الداخلية ضمن المجموعة . وساعدت مثابة بوغر على الانتصار على العوائق . والعناصر التي عاد بها سنة 1744 ، كانت مماثلة عملياً للنتائج التي حصلت عليها بعثة المقدم بورجوا Bourgeois (1901-1906) لنفس القوس . وهذه البعة التقت ، أيضاً ، نفس العوائق التي لقيتها الأخرى ، بل ان التخطيط المنهجي للاشارات الجيوديزية من قبل أهل البلاد كان أشد وطأة عليها .

وظن موبرتوي Maupertuis ان الاخطاء الممكنة حول النتائج لم تكن اكثر ضعفاً من الفرق الملحوظ بين درجة باريس ودرجة خط الاستواء . وقرر ارسال بعثة ثانية سنة 1736 الى قرب الدائرة القطبية . وقامت « بعثة لابوني » بقيادته يعاونه كليرو Clairaut ، بانجاز قياس قوس طوله درجة واحدة ، بخلاف اقل من سنة (اما قوس بيرو فكانت 3 درجات) ؛ وفي سنة 1737 ، كان التسطیح نحو القطبين قد تقرر بصورة نهائية بالمقارنة مع طول درجة باريس (قبل انتهاء عمليات خط الاستواء) ، ووصل فرق الدرجة حول 1000 متر تقريباً .

إن قيمة التسطح لم تكن قد تحددت بعد ، وطول الدرجة بلغ وسطياً 111 كلم . وهو يزداد في

الواقع بمعدل 300م تقريباً ابتداء من خط عرض باريس حتى الدائرة القطبية . إلا أن درجة ج. كاسيني قد اعدا قياسها ابنه كاسيني دي توري Cassini de Thury سنة 1740، وزادت قيمتها 300م اما درجة لابوني Laponie، التي اعيد قياسها 1801 - 1803، فقد انقصت بمقدار 400م. وهذا يكفي للقول بأن الفرق 1000م الذي حصل عليه موبرتوي Maupertuis لم يكن الا ضعيف الدلالة، ولم يكن يتيح قياس التسطح بدقة .

واكدت بعثة بيرو، بعد سبع سنوات، استنتاجات بعثات لابوني. وفي التقرير الذي كتبه سنة 1748 احد الضباط الاسبان، وردت اشارة غريبة : قبل تحليل يأخذ في الاعتبار حركة الارض، يوجد التحفظ الشكلي الخالص ظاهرياً تجاه صحة الفرضية . واحتمالات ملاحظات محاكم التفتيش الاسبانية لم تكن يومئذٍ مستبعدة .

خارطة فرنسا - قام كاسيني دي توري Cassini de Thury، الملقب كاسيني الثالث، اول مدير مسمى (1771) لمرصد باريس، بورشة عمل في سنة 1744 لوضع خارطة توبوغرافية لفرنسا، مرتكزة على التثليث الجيوديزي . وكانت هذه الخارطة بسلم 1/86400، اول خارطة من هذا النوع قد تحققت . وقام ابنه بعده باكملها وتقديمها بصورة رسمية الى الجمعية الوطنية سنة 1789 . وانتهت مع هذا الابن، كاسيني الرابع، سلالة آل كاسيني، وقد ارتضى الافكار النيوتونية، حتى ليتمكن الظن ان والده قد قبلها ضمناً بعد 1740 وهو يعترف بتسطح الارض .

VII - كاتالوغ النجوم

يعتبر وضع الكاتالوجات النجمية، من بين كل الاعمال الفلكية العمل الاكثر جحوداً، والاكثر لزوماً فالنجوم المسماة بالثوابت هي المراجع الطبيعية التي تسمح بدراسة دوران الارض، ودراسة حركتها حول الشمس، وايضاً حركة الشمس بالذات في الفضاء . وبحري العديد من الرصودات، التي قامت بها غالباً الأجيال السابقة يظهر أي مفعول جديد .

وهذه الوثائق الضرورية قد تكونت بصورة أساسية انطلاقاً من القرن 18 . وهي من صنع الفلكيين البريطانيين .

كاتالوجات الدقة - تولى ادارة مرصد غريتش عند تأسيسه فلامستيد Flamsteed وهو اول « فلكي ملكي » . ويدون جهاز بشري، ويدون اعتمادات، بني على نفقته قطاعاً (Secteur) من مترين . ورصد بشكل منهجي، الكواكب والنجوم البوابة حتى موته سنة 1719 .

وصدوت طبعة عن رصوداته، ضد ارادته، سنة 1712، تحت ضغط من نيوتن، الذي عزا تمنعه عن نشر العناصر التي يعتبرها مثبتة اثباتاً غير كاف، الى سوء النية . والواقع انه كان بإمكانه انلافها . وأخيراً، نشر كتابه « هستوريا كولستيس بريتانيا » بعد وفاته سنة (1725) وتضمن « الكاتالوغ

البريطاني « ، وهو كاتالوغ كبير حديث ، يعطي مواقع حوالي 3000 نجم . اما الدقة فيه فبدرجة 10" . وشكله جديد ايضاً : ان الإحداثيات الاستوائية للنجوم واردة فيه وكذلك حدود تغير الاعتدالين السنوي . فضلاً عن ذلك ، يربط رصد الشمس بانتظام مباشرة هذه التحديدات بالخطط الأساسية ويعطيها صفة مطلقة .

وخلف هالي Halley فلامستيد Flamsteed سنة 1719 . وانجز منظراً هاجرياً ذا مروراً من 1,60م ودشن استعماله بصورة منتظمة . ووضع اول كاتالوغ للسما الجنوبية (اوسترال) اثناء اقامته سنة 1677 في جزيرة القديسة هيلانة ؟ ولم تمكنه الظروف الجوية من رصد اكثر من 350 نجماً .

ونخصص الفلكي الملكي الثالث ، جيمس برادلي العشرين سنة التي قضاها في هذا المركز في رصدات هاجرية ، واحصيت بعد موته فيلغت (60 000) سنة 1762 . وتولى بسيل Bessel اختصارها ونشر سنة 1818 : « فونداماتا استرونوميا » . . . وقد ورد في هذا الكتاب ذكر لمواقع 3222 نجماً في سنة 1755 . وهذا الرصدات بنوعيتها وحقيقتها المتأخرة ، اتخذت كاساس لكل تحديدات الحركات الخاصة بالقرن 19 ، وكذلك للتقديرات المتتالية لثابت تغير الاعتدالين .

واذا استثيت كاتالوغات لاکاي (400 نجمة براقعة ، سنة 1757) وكاتالوغات ت . ماير (T. Mayer 1000) نجمة بروجية (Zodiacale) ، (1761-1756) ، فإن المواقع التي حددها فلكيو مرصد غرينتش ، سوف تكون الوحيدة التي امكن استعمالها فيها بعد : ان استخدام للمنظار الهاجري من اجل تحديد الضعافات المستقيمة يؤمن لها تفوقاً واضحاً تماماً .

ووضع توبياس ماير Tobias Mayer ، مدير مرصد غوتنجن ، سنة 1716 صيغ الاصلاحات التي تسمح بمراقبة انحرافات المعدات . وكان هذا بمناسبة مربع الدائرة الحائطية ، الا ان الآلة الهاجرية هي التي استفادت منه : ان استقرار الجهاز ، في شكله النهائي ، مدين جداً لهذه الفكرة ، فكرة استبدال ضابط باستعمال تصحيح ذي مفعول قابل للقياس .

احصاءات النجوم - تكونت الى جانب كاتالوغات المواقع الدقيقة ، جداول احصائية غنية نوعاً ما . فبالنسبة الى السماء الجنوبية austral ، كان اول احصاء ، ظل وحيداً طيلة 75 سنة - هو الاحصاء الذي انتجته لاکاي اثناء مهمته في الكاب ، سنة 1751 - 1752 . ويخلال سنة تقريباً ، وبواسطة آلة كان لشبجيتها Objectif شعاع اقل من 1.5 ستم انجز الكشف على 10000 نجم ، حتى القدر Magnitude السابع ، وكان الكمال مؤمناً تقريباً حتى السادس . والى المحطة التي اختارها لاکاي ، ارتفع في سنة 1820 ، المرصد الكبير ، مرصد الكاب ، الذي اعتبر اهم مرصد وجد في نصف الكرة الجنوبي .

واشتمل « التاريخ السماوي الفرنسي » الذي وضعه جيروم دي لالاند Jérôme de Lalande على الرصدات المجرة بين سنة 1789 و1798 في ربع دائرة ذات فتحة من 7 ستم ركبت في المدرسة الحربية في باريس . وكان القسم الاكبر من هذه الرصدات يعود الى حفيده ميشال دي لالاند ، وكان

غرضها جدول منهجي حتى الضخامة التاسعة للنجوم الواقعة بين القطب والانحراف *déclinaison* البالغ (20°). وتضمن هذا التاريخ مواقع أكثر من (50000) نجمة؛ وهناك عدة مئات - مواقع النجوم المرئية بالعين المجردة - لم يسبق ان ذكرت من قبل. ورغم استعمال جهاز قديم، فقد كانت قيمة القياسات جيدة نسبياً، وان غير متساوية. ولكن الجدول لم يكن بالحقيقة كاملاً. ان هذا العمل المهم قد شكل أساساً لتوثيق ظل لفترة طويلة بدون مثيل.

VIII - علم الفلك الملاحي

لم يكن هناك في القرن 17 اية وسيلة لتحديد الطول (Longitude) البحري، فيما عدا احتساب الطريق المتبعة والسرعة المقدرة بواسطة اللوش Loch. وكانت هذه الثغرة خطيرة لدرجة ان مرصد غرينتش، قد انشئ (والقرار الملكي ذكر ذلك صراحة) « بغرض تحديد الاطوال لمصلحة الملاحة وعلم الفلك ».

والمسألة هي مسألة ربط الساعة المحلية، التي يقدمها قياس ارتفاعات الكواكب، بساعة خط الهاجرة الاصلي. وبالنسبة الى هذا الاخير، لا توجد الا وسيلتان: « اما نقلها بواسطة ساعة رقاص او بواسطة كرونومتر خاص (اليوم باشارات راديوكهربائية)؛ او رصد ظاهرة فلكية متغيرة نوعاً ما بحيث يمكنها أن تشكل مؤشراً زمنياً، والوسيلة الثانية قلما تطبق الا على تحركات القمر. وحل المشكلة يتطلب بالتالي استكمالاً في صناعة الساعات ذات الرقاص، وفي وسيلة الرصد، ثم بناء جداول جيدة للقمر.

السكستان Sextant (السداس) - تترجم الملاحظة دائماً بقياسات للفرقات الزاوية. فوق الارض تكون التصويرات نحو اتجاهين متتالية، وتقارن فيما بينها بواسطة دوائر مدرجة. اما فوق البحر، فان حركة الآلة تقتضي ان تكون التصويرات متتالية. وقياسات الدقة يعود تاريخها الى الحقبة التي تمت فيها امكانية رد احد الاتجاهين، بعد انعكاسين، ليتطابق مع الآخر.

وهذا الجهاز كان قد تخيله نيوتن سنة 1699، ثم حققه ونشره سنة 1731 بواسطة البصري الانكليزي هادلي Hadley. واخذى التصويرات مباشرة، اما الاخرى فمعكوسة بواسطة مرآة موجهة، مستعادة بمرآة اخرى، ثابتة، واقعة على عمر التصويب الاول. وتعادل زاوية الاتجاهات ضعفي زاوية المرايا، وهي تقرأ فوق قوس دائرة حسن التدريج والترقيم، على مستوى عضادة Alidade مثبتة بمرآة متحركة، اما طول الجهاز فيعادل ضعفي شعاع القوس. وقد أمكن التوصل إلى دقة من درجة الدقيقة في الدرجة، منذ البداية مع شعاع لا يبلغ الـ 50 سنتم.

وكانت المعدات الأولية مثنّات (Octants) (ان فرجة القطع المدرج تعادل ثمن الدائرة وتتيح قياس الفرجات الزاوية البالغة 90°). هذه المعدات سرعان ما استبدلت « بسدسيات (Sextants) بحرية » تطبق على زوايا تبلغ 120°. والآلة الحديثة لا تختلف عن هذه الا بحجم اقل بقليل والا بالحاق منظار صغير.

وقد نقلت بعثة البيرو Pérou إحدى هذه الآلات التي كانت تسمى في فرنسا « المعسكر الجديد الانكليزي للتفكير » وذلك بقصد تجربتها . وكان تقرير البعثة ، المؤرخ من 1736 ، محبذاً جداً ولكنه غير مفيد : وعندما وصل الى باريس بعد ثلاث سنوات ، كان استعمال الثمن Octant قد شاع وذاع .

ويشار انه منذ البداية ، كان بعض ثمنات هادلي Hadley مزوداً بـ Vermier ، كان يسمى تجاؤزاً « تقسيم نونبوس » ، وهذا مختلف تماماً . مع ذلك وضع البنّاؤون ، وهم من المحترفين عموماً تدرجات بينها كانت تحشر ، بالقراءة فوق عارضات ، مقاطع segments منحرفة ، مقسومة ومخفورة على الطرف Limbe عند مستوى كل فرجة تقسيمات تدرجية

الكرونومترات - تختلف الساعات ذات الرقاصات البحرية بصورة اساسية عن الساعات الارضية ، ليس فقط باحلال نابض غرك مكان الوزن ، وهو عرضي ، بل تختلف بمنظمتها : « الحلزون المنظم » هو نابض حلزوني مثبت بجرم متأرجح بشكل حلقة دائرية هو الموازن (او الرقاص) . وهذا التجهيز اقترحه هويجن بعد 1675 ، ثم اعتمد في بناء « ساعات البحرية » بجهود لروا Leroy ، وبرتود Berthoud في فرنسا ، وبجهود هاريسون Harrison في انكلترا . هؤلاء الصناع كانوا محفوزين بجوائز تقدمها اكااديمية العلوم والبرلمان الانكليزي (20000 ليرة استرلينية منحت لهاريسون Harrison في حين ان الراتب السنوي المخصص للفلكي الملكي كان 100 ليرة استرلينية) .

وكان المطلوب استكمال التصريف ، حتى يكون مفعوله على المنظم ثابتاً ، وحتى يمكن تأمين تضيق اوتوماتيكي على طول النابض الحلزوني ، تضيقاً يعدل الاثر الحراري الحاصل خلال دورة (المدة التي يستغرقها دوران قمر حول كوكب سيار) . هذه المسائل كانت محلولة تماماً سنة 1770 تقريباً . وعند التجارب في البحر ، لم يتغير مسار الساعات اليومي الا ببعض الثواني اثناء سفرة من عدة اشهر وحتى من عدة فصول . واليوم ، يعتبر هامش التسامح المقبول لكرونومتر بحري ملاحي من هذا المستوى : وبالنسبة الى المسار اليومي من المقبول ، بعد شهرين ، تغير مقداره 1,5 ثانية .

رصودات القمر - ان حركة القمر بالنسبة الى النجوم الثابتة هي تقريباً (1') واحدة بالدقيقتين . وهي اصعب تقديرأ من حركة الأبرة فوق ميناء Cadran الكرونومتر ، ولكنها اكثر أمانة . ويمكن تحديد المسافات بين القمر والنجوم المجاورة (طريقة المسافات القمرية) ، والسكستان (السداس) البحري يساعد على هذه القياسات . ومن الادق رصد لحظات اختفاء Occultation النجوم وراء القمر ، ولكن رؤيات النجوم البراقة تبدو فقط عارضة . اما النجوم الضعيفة ، فلم تكن حسنة التصنيف في ذلك العصر .

وهذه الطرق معروفة منذ القديم . في سنة 1499 ، واثناء اول سفرة له ، سنحت الفرصة لامريكو فسبوشي Amerigo Vespucci ، ان يجلي بقياس المسافة بين المريخ والقمر ، بعد فترة وجيزة من اتصالاتها . واستعمالها مرهون بامتلاك الازياج القمرية مجدولة بحسب وقت خط الهجرة الاساسي . ولهذا الغرض ، عرضت الحكومة والاكاديميات استكمال نظرية القمر ، كموضوع مسابقة اثار المنافسة

بين كليرو Clairaut ، ودالمبير d'Alembert ، وإولر Euler وماير Mayer . وقد ساعد هذا على التقدم العام في الميكانيك السماوي . أما بالنسبة الى خطوط الطول Longitude فالطرق قلما أعطت الا دقة خفيفة ، سبقتها دقة حل الساعة بالكرونومتر .

واليوم ، تلعب ملاحظة الاحتجاجات دوراً مهماً ، ولكنه يتعارض بحق مع الدور الذي كان لها يومئذٍ : فالوقت المحلي وقد أصبح معروفاً ، يتيح موقع القمر بربطه بسلم الوقت الموحد الذي تبني الجداول على أساسه . وترجم الفروقات الشذوذات غير المتوقعة ، في سرعة الدوران الأرضي ، وهي شذوذات اكتشفت حديثاً .

وبخلال العصر ، ولدت ثلاثة علوم : الجيوديزيا (او علم البحث في شكل الارض وقياساتها) وعلم الفلك ، والميكانيك السماوي التحليلي ، واوجدت طرقها ، وابتكرت اجهزتها وقطفت ثمارها . واصبحت الارض ، والكواكب والمذنبات ، اي العالم الذي هو حقيقي في اعيننا ، والنجوم ليست الا زينة ، كائنات مألوفة . فقد وصفت جيومترياً وحددت مواضعها وحتى اوزانها .

ان قسماً من الطبيعة قد فقد سره : ولحسن الحظ ، فتح مجال جديد امام الخيال . ان انشاء التلسكوب قد تم على مهل⁽¹⁾ ، ولكن في سنة 1781 حصل و. هرشل W.Herschel بفضلته على اكتشاف جسم جديد في النظام الشمسي ، الكوكب اورانوس .

ان عالمنا الصغير سوف يغتني سريعاً بكثير من الاعضاء الاخرى المجهولة التي تتجاذب في متناولنا . ان العالم الثابت ، عالم الكواكب سوف يحيا ويبرز بتنوعه العجيب . وكما هو الحال دائماً ، وابدأ ، لقد تجدد حقل البحوث

(1) إن انجاز العاكسات ، والاكتشافات الكبرى التي نتجت عنها ، مثل اكتشافات وليم هرشل William Herschel سوف تدرس في المجلد التالي .

الكتاب الثاني :

العلوم الفيزيائية

يرتكز التمييز بين علوم نظرية وعلوم فيزيائية، الذي ادخلناه في هذا القسم الثالث، على درجة الرخصة العالية جداً التي وصلت اليها في القرن الثامن عشر الميكانيكا وعلم الفلك. وهما علمان، وان لم يتركا اللجوء الى الملاحظة والى التجربة، فانها يبدوان، اكثر فاكثر وضوحاً، كقطاعتين خاصتين يميزين في تطبيق الرياضيات، ويستحقان من جراء هذا النعت، « بالعلوم النظرية » .

وبالمقارنة، في هذا المطلع من القرن الثامن عشر. تبقى الفروع الاخرى من العلم والتي نجعلها تحت تسمية علوم فيزيائية: مثل البصريات، السمعيات، الحرارة، المغناطيسية، للكهربائية، والكيمياء، تبقى في مراتب من التطور النظري اقل تقدماً .

وبخلال القرن ادى تقدم تقنيات الالات، وازدهار النيوتنية، وتقدم الرياضيات الى تطور سريع في هذه العلوم المختلفة والى اصلاح بنيات البعض منها .

في مجال البصريات اذا كانت نظرية نيوتن حول الانبثاق قد عرفت نجاحاً غير منكور، فان الابقاء على نظرية منافسة من النمط التموجي يدل، في كل حال، على عمل يونغ Young وفرنل Fresnel. وكذلك اذا كان تدخل المعادلات ذات المشتقات الجزئية قد فتح الطريق أمام السمعيات النظرية، فانه في مطلع القرن التاسع عشر فقط تشكلت البصريات النظرية، بمعونة البحوث التجريبية. ودراسة الحرارة، الاقل تقدماً بشكل واضح، رأت معلمها الاساسية تتوضح واخذت تهيء صيغتها النظرية وتطبيقاتها الاولى. اما المغناطيسية والكهرباء الثابتة (الكتروستاتيك)، رغم بقائهما في حالة من التجريب بدائية، فقد عرفتا ازدهاراً بارزاً على الصعيد المعداتي، وتشكلتا على الصعيد النظري وفقاً للنموذج النيوتني، بانتظار اختراع البطارية في بداية القرن التاسع عشر، التي فتحت الطريق امام تطورات جديدة واسعة. واخيراً وفي الربع الاخير من القرن الثامن عشر قامت الكيمياء، بتأثير من لافوازيه Lavoisier، بثورة عميقة ظهرت اهميتها شبيهة باهمية ما عرفه الميكانيك في القرن السابع عشر.

كان المظهر النظري لهذه التطورات المتنوعة، محكوماً بأن واحد بتطور الطرق الرياضية المطبقة على الفيزياء - وبصورة خاصة في مختلف فروع الحساب المتناهي الصغر - ثم بتأثير التراث النيوتني المفسر

رياضيا للفلسفة الطبيعية ، أما المظهر الفيزيائي الخالص فبدل عليه الازدهار الاستثنائي الخالص للمعلم التجريبي لدى الجمهور الاعظم . فقد سبق للقرن السابع عشر ان رأى تحقق الانجازات العظيمة التجريبية عند هوك Hooke وبويل Boyle ، وغيريك Guericke وماريوت Mariotte ، كما شهد تنظيم البرامج النظرية في الملاحظات وفي القياسات وفي التجارب عبر : أكاديمية سيمنتو ، والجمعية الملكية ، والاكاديمية الملكية للعلوم في باريس . والقرن الثامن عشر ، وهو يتابع في طريق العمل المخبري الجلود ، رأى هذا الاهتمام بالعلم التجريبي يمتد الى التعليم الجامعي ثم الى جمهور عريض متقف ليصل اخيراً الى الجماهير الكبرى .

وللوصول الى هذه النتيجة فسحت العبارات الرياضية القوية ، والنقاشات حول المبادئ ، افسحت المجال امام تجارب بسيطة وتبينة . ووصلت هذه الحركة ، بعد ان انطلقت من انكلترا ، مع ديساغولييه Desaguliers ، ومن البلدان المنخفضة مع بورهاف Boerhaave وجرافيساند Gravesande وموشنبروك Musschenbrock ، الى فرنسا ثم المانيا وبعدها كل اوروبا . وتعددت الدروس العامة في الفيزياء التجريبية ، في حين ظهر العديد من الكتب حيث كانت المعارف الجديدة تبسط وتعمم عن طريق التجربة . وتطور هذا الولع ، حوالي منتصف القرن ، بعد اجراء تجارب شهيرة في الكهرباء ، وفي آخر القرن ، مع صعود البالونات الهيدروجينية ، والمونغولفيار . الا ان هذا الاشتهار العجيب للفيزياء التجريبية ، لم يساهم الا بصورة غير مباشرة في تقدم الفيزياء . ولهذا لم تقسح الفصول التالية في المجال ، كثيراً لهذا المظهر القصصي نوعاً ما ، وذلك من اجل التركيز على الجهد البطيء الرامي الى تكوين المفاهيم والى صياغة النظريات الاكثر دقة ، وبذات الوقت على النتائج الموازية والمكملة للعمل المخبري الصعب والجلود .

ويفضل هذه الجهود المختلفة التي لم تكن خلافاتها الا ظاهرية ، وبخلال القرن الثامن عشر ظهرت عدة قطاعات من هذه العلوم الفيزيائية كما تكونت وتطورت نظمها بصورة تدريجية باتجاه نظام العلوم النظرية - ذلك هو حال علم السمعيات والكهرباء الثابتة والمغناطيسية ، بصورة خاصة - في حين ان علوماً أخرى مثل البصريات والحرارة ، وبصورة خاصة الكيمياء ، ظلت مرتبطة بصورة مباشرة اكثر بالبحوث التجريبية وقد عمل في بداية القرن التاسع عشر وضع الطرق الجديدة في الفيزياء الرياضية على تقوية الميل العام نحو التجريد ، بتقديم ادوات اكثر قوة واكثر ملاءمة لطبيعة المشاكل الى المنظرين .

ولكن أهمية بعض الاكتشافات ، والدقة الزائدة في الادوات المستعملة ، اعطت بذات الوقت حيوية جديدة للبحث التجريبي ، محافظة بالتالي على توازن ضروري بين التيارين الكبيرين في العلم الفيزيائي .

الفصل الأول :

ذئوع علم البصريات النيوتني

بناء آلات البصريات وتقدم التقنيات في القرن الثامن عشر - بخلال القرن الثامن عشر لم تتغير التقنيات الأساسية التي كانت سائدة في بناء أدوات البصريات ، تغيراً محسوساً . لا شك أنه وجدت إنجازات بارزة في تقديم الميكروسكوبات ولكن الأمر رغم كل شيء كان محصوراً في التفاصيل : فالشبهات أصبحت قابلة للتبديل ، والبلائية ، والتجهيزات أصبحت أكثر كمالاً . وهذه التغيرات ساعد عليها نمو العديد من مكاتب الفيزياء .

وتباطأ صنع التلسكوبات من جراء الصعوبات التقنية التي برزت في بناء المرايا الكبيرة . وطور وليم هرشل W.Herschel الذي كان يبني بنفسه تلسكوباته ، صفل المرايا وحقق بالتالي اكتشافات مهمة اعطت دفعاً ضخماً لتحقيق التلسكوبات الكبرى الصعبة .

اكزمة « إزالة الألوان المغمشة » من الشبهات : المبدأ والتحقيق - كان بناء الشبهات الاكروماتية قد تأخر نسبياً فهناك عوائق في المبدأ يضاف إليها صعوبات عملية تعارض مثل هذا التحقيق .

واعتمد نيوتن انه يبين استحالة كسر الضوء بدون تشتيته . وبالتالي من العبث تحديد جمع من العدسات من شأنها كسر الضوء مع تركه غير مشتم او مفكك بالالوان . ورغم ذلك ، ومنذ 1733 بدا ان القاضي الانكليزي شستر مور هال Chester More Hall قد عثر على مبدأ العينات المؤكزمة اي التي لا تفكك الضوء ، وهي شبهات استطاع البصري باس Bass صنعها وبيعها . ومع ذلك فقد كانت الثقة في صدق وسلطة نيوتن كبيرة بحيث ان هذه الانجازات ظلت شبه مجهولة تماماً .

وفي سنة 1747 اقترح اولر Euler الصيغ التي تتيح امكانية الاكزمة في مجموعة من العدسات . وقد دعم قناعته بحسابات دقيقة ويتحقق طبيعي لنظام اكرومي : العين .

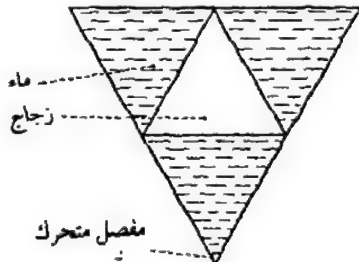
ونوقشت فيما بعد التجربة التي اقترحها نيوتن Newton من قبل كلنجستيرنا Klingensstierna الذي اكد تطلعات اولر : ان نحن جمعنا بين موشورين ، احدهما من زجاج ، والاخر ذو زاوية متغيرة ، ملووء بالماء ، فمن الممكن عند قيمة معينة لهذه الزاوية ، الغاء تشتت الشعاع المنبثق دون ابطال انحرافه (صورة 34) . ولقيمة اخرى في هذه الزاوية يمكن ، بالعكس ، الغاء انحراف الشعاع المنبثق ، مع الاحتفاظ بتشتته .

ونقلت حسابات اولر، وملاحظات كلنجستيرنا Klingenstierna الى البصري دولون Dollond دون النجاح في اقتناعه. ومع ذلك وفي سنة 1757، كرر دولون تجربة نيوتن، ووافق على إمكانية أكرمة نظام من العدسات. فبعد جمع نوعي زجاج بمعاملات مختلفة: عدسة محدودة من الزجاج الطّراني وعدة مقعرة من الكروان (الزجاج التاجي الشديد النقاء)، نجح في بناء أول شبكية أكرومية.

ولكن رغم هذه الاعمال من قبل اولر Euler وفوس Fuss وفيما بعد كليرو Clairaut (1761) ظلت وسائل الصنع في معظمها تجريبية. واصطدمت فضلاً عن ذلك بصعوبات كثيرة. وظل صناع الشبقيات الأكرومية، حتى سنة 1772 حكرأ على دولون الذي أمن لنفسه الامتياز، وبشكل مسرف نوعاً حقّ تسجيلها باسمه.

ومن جهة أخرى، وحتى في انكلترا، بدا أن صنع الزجاج الطّراني هو نتيجة حظ سعيد. أما في القارة فقد بقي الصنع صعباً حتى مطلع القرن التاسع عشر.

الاكتشافات التجريبية - اتاح اكتشاف التشتت الضوئي من قبل ج. برادلي J. Bradley (1)، للمرة الثانية، قياس سرعة الضوء. وبدأت النتيجة الحاصلة متفقة غاماً مع النتيجة التي حصل عليها رومر قبل 50 سنة. ومنذ القرن السابع عشر كانوا يعرفون ظاهرات الفسفرة. فقد بدا، سنداً لبرستلي Priestley (1772) ان الايطالي ف. كاسيورولو V. Casciorolo في سنة 1630 قد لاحظها. وفي اواخر القرن السابع عشر ومطلع الثامن عشر اجريت تجارب منهجية حول هذا الموضوع الذي ظل رغم ذلك سريراً اذ لم تنتج عنه اية تفسيرات نظرية حاسمة. واخيراً انصب الاهتمام في القرن الثامن عشر على ظاهرات ذاتية في الأبصار، وبفضل أعمال بوفون Buffon وبوغر Bouguer ولامبير Lambert ورومفورد Rumford وهمللي Himly تأسس نوع من علم البصريات الفيزيولوجي. وعلى كل حال فان القياسات كانت صعبة وتفسيرها الدقيق بقي خاضعاً لتقدير شخص لم يكن تدخله محدداً بوضوح. وكانت القياسات الاولى في المضوائية قد تحققت بفضل بوفون Buffon وبصورة خاصة بفضل بيار بوغر Pierre Bouguer (1758 - 1698) الذي درس في كتابه «بحث في البصريات وتدرج الضوء» (1728)، وفي كتابه «البصريات» (1760)، درس عناصر الانتقال والانعكاس وادخل طرقاً صحيحة في القياسات المضوائية.



صورة 34، جهاز تجريبي لبيان إمكانية الأكرمة
(منع تفكك اللون) (كلنجستيرنا، 1755).

(1) راجع بهذا الشأن الفصل حول معرفة النظام الشمسي.

واخيراً أجرى ج - هـ . لامبير J.H.Lambert في كتابه « فوتومتريا » (1760) دراسة شاملة لـ مختلف المسائل المرتبطة بالتقنية الجديدة .

تأثير النظرية النيوتنية في الدوائر الفلسفية - في الأوساط المثقفة ، وفي الجامعات وفي المدارس كانت نظرية نيوتن قد أصبحت مقبولة بصورة رسمية . فنجاح الميكانيك السماوي ، وسمعة نيوتن العظيمة أمناً لبصرياته انتشاراً واسعاً . وانتشرت بصرياته في الأوساط غير المتخصصة ، المحبة للوضوح ، والجاهلة للمصاعب العميقة في كل نظرية .

في فرنسا ، كان فولتير أحد أكثر المتحمسين من تلامذة نيوتن . وقد أوضح في كتابه « عناصر فلسفة نيوتن » (لندن 1738) تطبيقات الجاذبية المعممة على البصريات .

وطور فولتير الذي كان ينكر تماماً أصالة تقديمات مالبرانش Malebranche ، نظرية الانشقاق وعوجها يتكون النور - النار من جزئيات صغيرة جداً لا موجب لتوضيح طبيعتها . وقامرس الجوامد على الضوء قوة ذات طبيعة غير معروفة تتسبب بالانعكاس وبالاتكسار . وعلى كلٍ ليست الأجزاء الجامدة في الأجسام هي التي تتسبب بقفز الجسيمات الضوئية من جديد . ان توسيع المسام في جسم كثيف يزيد في لا شفافيته ، وبالعكس ان تكثيف المسام يجعل هذا الجسم أكثر شفافية . وفولتير مثل نيوتن ، يعتقد ان المكان الأكثر ثقلًا نوعياً يزيد في سرعة الضوء . فالشعاع الضوئي الداخل في الماء « يجري فيه بأن واحد بحركته الذاتية ويفعل الجذب الذي يجذبه الماء فيه » . وهذا الشعاع اذن يجري في الماء بسرعة أكبر مما لو كان يجتاز الهواء .

ومن جهة أخرى ، يقبل فولتير بالقول أن الأشعة تلتقي هذه القوة الجاذبية حتى قبل أن تلج في الماء أو في الزجاج . اذ تبدأ عندها في التكسر ، وهذا امر يتوافق مع الاستمرارية التي يجب ان تظهر بحسب رأي لينينز Leibniz في كل حركة . وبشكل عاثل ، ان انحراف الضوء (التواءه) الذي يحدث عند مجاورة الأجسام الصلبة ، يترجم مفعولاً جاذبياً لهذه الأجسام على الضوء . وبالطبع ان هذا الجذب الذي يحدث بين الجسيمات ، وبخاصة بين الجسيمات الضوئية والحبيبات الزجاجية ، لا يتبع القانون الذي يحكم حركة الكواكب . ان الجذب ، عند نقطة الجذب لا يتزايد بمعدل $1/r^2$ بل بمعدل $1/r^3$ وأكثر أيضاً . وهكذا يصبح الجذب مهماً الى أقصى حد .

مع ذلك يقول فولتير بان المبادئ غير الجذب يمكن ان تتدخل في عمليات الطبيعة . واذا كانت الاستمرارية ، والاتصاق ، والصلابة ، والشعرية وربما اللعافيل الكيميائية تبدوله وكانها قائمة على الجذب كمنشأ ، فان دوران الكواكب حول محورها ، والكهرباء ، والمغناطيسية لها سبب آخر ، كان حتى ذلك الحين غير معروف . وهكذا ينشأ تمييز عملت النظريات الحالية على قلب مبدئه بشكل غريب .

خصوصاً البصريات النيوتنية والمنشقان : مارات Marat ، غوته Goethe : ومع ذلك ، لم تكن البصريات النيوتنية مقبولة دائماً بدون معارضة من قبل الهواة المثقفين . ان الامر يتعلق على كلٍ براء منفردة تستبعد العقيدة بصورة رسمية ، العقيدة القائمة على بواحد قليلة الاقناع : ثقة ممنوحة

بسرعة وتسرع لتجارب غير ماهرة ، تجاهل للروح العلمية يبدو ينوساً وتحديدأ كيفياً للشخصية . نستعرض بإيجاز الامثلة الشهيرة : لمارا Marat في فرنسا و.و. غوته في ألمانيا .

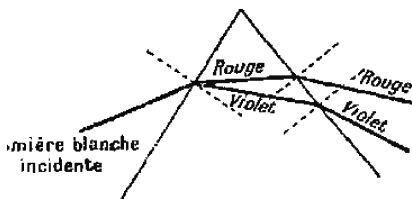
كان مارا مؤسس نظرية غريبة Périodiotrique بقيت بدون عاقبة ، وكان موضوعها دراسة انحراف الاشعة المحدثه بفعل سطح الاجسام («اكتشافات... حول الضوء ملحوظة سنداً لسلسلة من التجارب الجديدة...» 1780) . وهي تقوم على نفس المبدأ الذي يقوم عليه «ديوبريك» ولكن قوانينه تبقى مختلفة جداً . والبريديوبريك يركز على اعتبار القوى الجاذبة : كل الاجسام تجتذب الضوء الذي يمر بقربها . ويقرب الاجسام الكثيفة تتلقى الاشعة انحرافاً (يتناسب مع الثقل النوعي السطحي) ويموجب نوع من عامل التحجب ، وبعكس مربع المسافة . هذا الانحراف الذي يبقى ظاهرة عادية نوعاً ما لا يرد الى الانحراف الذي يحدثه الانكسار .

ومن جهة اخرى يتألف الضوء من ثلاثة ألوان اولية : الاصفر والاحمر والازرق ، وهي تنحرف بشكل متفارق عبر الاجسام الكثيفة : فالاصفر ينحرف اكثر من الاحمر واكثر من الازرق . ثم ان الضوء يتحلل الى ثلاثة اشعة اساسية بجوار هذه الاجسام (صورة 35) .



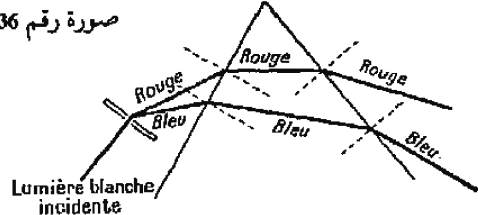
صورة رقم 35 انحراف وتفكك الضوء بجوار جسم كثيف ، بحسب رأي مارا .

وبالمقابل ان تشتت (عبر الاجسام) الاشعة الاساسية هو ذاته . ومن جراء الخلط بين التشتت والانحراف (عبر سطوح الاجسام) عزى الى مختلف الالوان تشتت مختلف : مثلاً ، وبحسب رأي مارا ، في التجارب النيوتنية الشهيرة حول التوزع ، يتفكك الشعاع الذي يصل الى سطح موشور الى ثلاثة اشعة متنافرة بفعل اطراف الثقب الذي مرره . هذا التفكك المسبق يجر انعكاساً مختلفاً ، وبالتالي ، انكساراً لا شبيه له (صورة 36) . ولكن اذا امكن العودة الى انعكاس مساوي فان انكسار الاشعة الثلاثة المتنافرة يكون متشابهاً . ويستخلص مارا ان هذه العبقرية الفذة (نيوتن) قد اضاع الوقت الكثير في مثل هذه البحوث التافهة .



التشتت بحسب رأي نيوتن

صورة رقم 36 ..



الانحراف ثم الانكسار بحسب رأي مارا

واراء و. غوته W. Goethe (بيتراج سور اوينيك ، 1791 ، سور فارينلهر ، 1810) المعارضة لنيوتن بصورة جذرية ، تنطلق من مشاعر مختلفة جداً ، فالى حين سفره الى ايطاليا (1786) ظل غوته يؤمن بالنظرية الرسمية . واكتشافه التلوين الايطالي جره بصورة تدريجية الى الموافقة على فلسفة للطبيعة مستلهمة من تاويل رمزي من شأنه ان يجمع الانسان الى عالم محدد دون ان يخضعه لجفاف التحليل الجبري والتجريدات الكاذبة .

الا ان غوته جمع اسناداً ضخمة حول نظريات البصريات في القرن الثامن عشر . ويبدو غريباً ان يكون قد اعتمد اراء ب كامتل P.Castel (مخترع البيانو الرئويوي Oculaire) او اراء ب. كيرشر P.Kircher ، او أن يكون قد شارك في الحذر برناردان دي سان-بيار Bernardin de Saint Pierre - فيما يتعلق بالات الفيزياء (التي تضلنا بمظهرها المتقن) ، متجاهلاً بالتالي القيمة الاستلهامية والتركيبية للفكر العلمي .

وبالامكان بسهولة التعرف على الاصل الافلاطوني والافلاطوني الجديد في بعض تأكيدات غوته « تشكل العين للضوء من أجل الضوء ، حتى يلتقي الضوء الخارجي الضوء الداخلي » . والعين تتطلب الكلية ، فتجاوب مع الظلمة ، بالوضوح ومع الضوء بالظل ، ومع اللون بانتاج صبغة تكميلية . وهكذا تشكل نظرية فيزيولوجية للالوان ، وتعود العقيدة المشائية الى الحياة : وتعود الالوان خليطاً من الظل والضوء يساعده تدخل الاوساط المعكرة

ان التجربة الاساسية عند غوته تقوم على تفحص حائط ابيض من خلال موشور . وتظهر الالوان الشراية Irisations فقط على الحواشي (وبالفعل يحدث في مثل هذه الحالة تراكم في مختلف الصور ذات اللون الواحد (Mono Chromatique) . ويستتج غوته ان حدّ الظل والضوء مولد للالوان . ونحدث التلوينات لصالح تضاد او تعارض Antagonisme : فاللون « هو فعل وثقبل للضوء » .

وهكذا يترجم غوته ، مثل افلاطون ، ويشكل حرفي خالص هذه القناعة العميقة القائلة بانه يوجد فينا معادل الواقع الخارجي . « لو اني لم احمل في ذاتي العالم ، لبقيت اعمى مفتوح العينين » (رسائل الى ايكركمان) . تأكيد فحم ، لا تناقضه الفيزياء بل تطوره وتنمية باتباع سبل اكثر دقة .

النظريات النيوتنية في الاوساط العلمية المتخصصة التلامذة : بوسكوفيتش Boskovich . في الاوساط العلمية المختصة معروفة هي محاسن وايضاً حدود البصريات النيوتنية ، ان غالبية ضعف النظرية قد ثبتت بفعل هويجن ولينيز . وسوف يعتمد تلامذة نيوتن في أغلب الاحيان الى ابراز صعوبات النظرية ، في محاولة لتوضيح وتحسين بعض النقاط الخلافية بشكل خاص .

ومن الملاحظ نوعاً ما ان بوسكوفيتش P.Boscovich [رودزر بوسكوفيتش Rudzer Bosko- vič (1711 - 1787) تلميذ نيوتن Newton انتقد احد البراهين المحبذة للنظرية : الانتشار المستقيم . وبين ان هذا الانتشار لم يبين بدقة ، ولا هو قابل للاثبات بدقة (ديسرتاتيو دي لومين ، روما 1749) .

وسوف يحاول R. Boskovich ، بصورة خاصة توضيح معنى نظرية الاتصالات Accès . افترض نيوتن ان اتصالات الانتقال السهل واتصالات الانعكاس السهل ، تحدث بتفاعل فيما بين الجسيمات الضوئية والاثير . ومع هذه الفرضية الصادرة عن نظرية مختلطة ، تحدث موجبات من شأنها الانتشار بسرعة اكبر ، واستباق الجسيم ، وبالتالي تأمين قبوله او رفضه . وقبل بوسكوفيتش بنظرية جسيمية اكثر دقة ، ولكن الجسيمات المادية تتحول الى مجمل من النقاط المتميزة بقدره جاذبية او دفعية . ان هذه المراكز القوية ، غير المعتدة ، تحاط بالتالي بكرة من العمل الجذبي والدفعي المتتالي ، تبعاً لشعاعها . وتناوبت الجذب والدفع تضغط على الجزيئات الضوئية ، وتبدو كافية لتفسير الكثافة او الشفافية ، والانعكاس او النقل . وتبرر ظاهرات الانكسار ، والتشتت وحتى ظاهرات التفارق والانكسار المزدوج بفضل نفس المبدأ . واذا لم يخضع بوسكوفيتش هذا التفسير لمقتضيات كمية دقيقة ، فان الشروح اظهرت بوضوح الصعوبات التي تثيرها نظرية الجسيمات ما ان يراد توضيح بعض نتائجها الاساسية .

المكملون لبصريات قائمة على الذبذبات ل . اولر L. Euler - بعد سنة 1735 لفت اولر الانتباه الى عدم صحة التأكيد الشهير الذي قال به نيوتن : وذلك عندما اثبت بان التشتت الانكسارية لا يتناسبان مع بعضها البعض . واستنتج اولر امكانية الحصول على انظمة بصرية اكرومية (اي لا تشتت للالوان فيها) .

وقد حملته افكاره الى استبعاد مقولات ديكرات ومقولات نيوتن . وقد رفض نيوتن فرضية عالم مملوء يعارض حركات الكواكب بالمقاومة . ولكن كون نيوتن المملوء بالجزيئات الضوئية التي تتحرك في كل اتجاه ، ليس اكثر فراغاً من الفضاء الديكاري . فضلاً عن ذلك تقتضي النظرية النيوتنية فرضيات قليلة الصحة مثل بدسيات ديكرات : فانثاق الجزيئات الضوئية يتوصل بسرعة الى استنفاد المصادر؛ والحركات المختلفة التي تقوم بها الجزيئات المنبعثة يجب ان تتناقض فيما بينها . واخيراً ان انتشار الضوء عبر الاجسام الشفافة يفترض وجود مسام مصفوفة بشكل خط مستقيم في كل الاتجاهات .

وقد حملت هذه الاعتراضات اولر الى الانضمام لنظريات الاثير المتموج . فالاثير المطاطي يدخل في كل الاجسام ويملا الفراغ . وذبذباته تحدث الاحاسيس الضوئية كما تولد الذبذبات الهوائية الاصوات . ولهذا لا تترك الاجسام الضوئية اية مادة .

« ليس الضوء شيئاً آخر الا اضطراب او زعزعة بين الجزيئات الاثيرية » . كما قال اولر (رسائل الى اميرة المانية) .

ويتشتر الضوء بأسرع من الصوت لان كثافة الاثير اقل من كثافة الهواء ومطاطية اكبر . واذاً ما هي القوة التي تحدث هذا الاضطراب في الجزيئات التي تشكل الاجسام الضوئية ؟ اننا نهمل ذلك : يعترف اولر ، ولكن لا شيء يجرح الحس السليم « ويجب ان نكون راضين عندما لا تتضمن افكارنا اي شيء مثير » .

ورؤية الاجسام الكثيفة (أي الاجسام غير المضيئة بذاتها) لا تتم بالانعكاس ، اذ لو كان ذلك لتوجب ان نرى كما في المرآة ، الجسم ينير ذاته ، وليس الشيء المنار . وصورة الشيء تتعلق بموقع الجسم المنير وموقع الناظر . ولكننا نعلم ان لا شيء من هذا .

وتأخذ الجزيئات التي تشكل الاجسام الكثيفة ، المستكنة عادة ، تأخذ بالتذبذب تحت تأثير النور المنعكس . وكلما كان هذا الضوء قوياً ، كلما كان الاضطراب اقوى ، رغم انه أي الضوء غير مدعوم بقوة من داخله ولا يبقى من تلقاء ذاته . وهكذا تكون الاشعة المنبثقة من الاجسام الكثيفة خاصة بها . وهي تنطلق في كل الاتجاهات وهذا ما يميز ظاهرة الانعكاس .

وهناك ظاهرة مماثلة للذبذبات الجزيئات المحركة بضوء مسلط ، تحدث في السمعيات : ان الوتر المشدود يتذبذب بالتجاوب عندما يكون بجانبه وتر مماثل يحرك . وتزول الذبذبات ، الكثيفة بشكل خاص عند حصول ألغة النغم ، إذا كانت الاثارات المتلقاة هي غير متجانسة على الاطلاق . وكذلك يوجد فروقات كبيرة بين امكانات التذبذب في مختلف الأجسام الكثيفة . وبحسب تواتر هذه الذبذبات ، تصدر هذه الكريات أشعة قذيفة مختلفة تتجاوب مع تنوع أحاسيس الألوان ، إن ألوان الأجسام الكثيفة لا تحدث بفعل الانعكاس الانتقائي لأشعة الشمس ، بل بذبذبات خاصة بكريات الاجسام الكثيفة التي يطلقها الضوء المسلط .

ويرى نيوتن ان ألوان الاجسام الكثيفة تعزى الى امتصاصات انتقائية للنور المسلط . ويرى اولر Euler ان الألوان تنتج عن امتصاص كامل تتبعه اعادة انبثاق انتقائية تميز الجسم المضاء . وهذه الاولية قريبة من الاولية التي ادخلتها التفسيرات الحديثة بالنسبة الى التوهج بالفليور وبالفسفور . ويقول اولر ان بعض الاجسام الكثيفة تكون مضيئة حتى عندما تتوقف الانارة : وذلك لوجود استعداد خاص يتطور بأحداث ذبذبات . ونظرية اولر Euler اعجز من ان تزيل الصعوبات الكبرى التي احدثتها في ذلك الزمن النظرية الذبذباتية . وخصائص الاثير التي بدت له ابداعية جداً ، تقود الى القول بميزات غير واقعية . ومع ذلك فنظرية اولر تمتاز بسانها تبرز الصعوبات التي تعترض نظرية الانبثاق ، وهي صعوبات يستحيل اهمالها . ان نظرية اولر ، وهي تبرز حدود النظرية النيوتنية ، تجدد مفاهيم المبرنش Malebranche وغريمالدي Grimaldi ، وهويجنس Huygens ولبنيز Leibniz . وهي قد فتحت الطريق منذ نهاية القرن الثامن عشر ، الطريق المثمر ولكن الصعب ، الذي سار فيه بعد ذلك مالوس Malus ، ويونغ Young وفرنل Fresnel .

مبدأ الاقتصاد الطبيعي - في نصف القرن الثامن عشر عادت الى الظهور قصة « مبدأ الاقتصاد الطبيعي » الذي وضعه فرمات حوالي سنة 1664 (راجع فصل ولادة البصريات الرياضية) . قبل فرمات رأى ديكارت بأن سرعة الضوء أكبر في الهواء مما هي في الماء ، وقد استطاع أن يبين بأن مسار الشعاع المنكسر ، هذا المسار الذي قال به قانون الجيوب (سينوس) هو أيضاً المسار الذي يجعل زمن الاجتياز أقل . ويقود إذاً مبدأ الاقتصاد الطبيعي الى قوانين صحيحة حول الانكسار ، هذا إذا تمت الموافقة على أن سرعة الضوء تكون أكبر في الأوساط الأقل انكسارية . وهذا الاقتراح كان مخالفاً أيضاً

لفرضيات نيوتن كما هو مخالف لنظريات ديكارت . وبقبول هذه النظريات يبقى نجاح مبدأ الاقتصاد الطبيعي غير مفهوم .

ول يفصل فرمات بوضوح مبدأ الزمن الاقل عن المبدأ الذي ادخلته المقاومة الدنيا من قبل الوسط . في سنة 1682 ميز لينييز بعناية تعريف « الطريق الاسهل » عن مفاهيم المسار او الزمن الاقل . فبالنسبة اليه تكون صعوبة الطريق اقل عندما يكون حاصل ضرب طول هذه الطريق ، بالمقاومة المحسوسة عند اجتيازها هو ايضاً اقل . وهو اي لينييز يقبل بما قبل به فرمات ، بقانون الجيوب وإذا فهو سينتهي الى نفس الصعوبة ، ان لم يتجنبها بالقول ان مقاومة المكان تتناسب عكسياً مع سرعة الضوء في هذا المكان . وهكذا ، وبعد تعريف معاملات الانكسار مثل فرمات :

(مقاومة الماء / مقاومة الهواء = $1 < n$ ، توصل لينييز مع ذلك الى استنتاجات معاكسة :

السرعة في الماء / السرعة في الهواء < 1 ؛ وقانون الجيوب ($n > 1$) ، يقضي بأن سرعة الضوء تزداد مع القدرة الانكسارية للمكان . ومع ذلك يبدو تأكيد لينييز والمقارنات التي تدعّمه غريبة وشاذة ، فلا تستحق التأكيد ، أو الموافقة .

وفي سنة 1744 عرف موبرتوي Maupertuis الذي كان يجهل ابحاث لينييز Leibniz ، عرف بدوره مبدأ « الاقتصاد الطبيعي » وطبقه على « كمية من العمل »⁽¹⁾ ، المحدث بفعل طول الطريق المقطوع مضروباً بالسرعة ، وبكثافة الجسم المتحرك (او حاصل ضرب طول الطريق بكمية حركة المتحرك الذي يجتاز هذا الطريق) . وفي حالة الجسيمات المضيئة تكون الكثافة ثابتة لا تتدخل : ان كمية العمل تكون عندئذ دنيا ، ويكون قانون الجيوب صالحاً إذا كانت سرعة الضوء تزداد مع انكسارية المكان Réfringence . وهكذا حمل تطبيق « الفعل » المحدث بصورة صحيحة ، فعل المبدأ المرضي ، طالما يتعلق الامر بعجزيات مادية ، حمل موبرتوي الى القول ببديهيّات مضللة وذلك في ما يخص نظريات الضوء .

والواقع ، ان تطبيق مبدأ الفعل الاقل على ظاهرات الضوء ، يفترض انتشاراً للموجات ويقضي تعريفاً اعم لكمية العمل . والرابط في هذا المبدأ مع القوانين العامة ، في مجال الميكانيك ، يجب اثباته باعمال هاملتون Hamilton و جاكوبي Jacobi . الا ان لويس بروغلي Louis de Broglie وحده هو الذي استطاع ، عن طريق تعميم تلاحم الموجة الجسيم ، ان يوضح معنى وحدود المبدأ القديم ، مبدأ الاقتصاد الطبيعي الذي اصبح قانون العمل الثابت .

(1) راجع الفصل الثاني من هذا القسم .

الفصل الثاني :

السمعيات من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

يستحق علم الأصوات التفاتة خاصة بخلال القرن السابع عشر والثامن عشر . رغم ان تشكل الذبذبات الطولية في الهواء بشكل موجات صوتية قد عرف منذ العصور القديمة كما يشهد بذلك هيرون Héron ، فان اليونانيين قد اكتفوا بالبحث عن العلاقات الوسيطة التي تسمح بمقارنة الاوتار المترنة من الناحية الموسيقية . لا شك انهم نقلوا الفكرة بان الصوت مرتبط بالصدمات وبالحركات التذبذبية السريعة جداً والتي تنتج عنها ، الا انهم رغم ذلك لم يؤسسوا دراسة في طبيعة الصوت وبخلال القرن الـ 17 ، وبالتساوق مع الميكانيك الذي هو اصل ، منه فرع علم الأصوات ، تحرر هذا العلم من الفن الموسيقي ليصبح علماً حقيقياً حول الظاهرة الصوتية .

الاوتار المتذبذبة - ومع العلم بالارث القديم ، كان من الطبيعي العثور على مسألة الاوتار المتذبذبة ، في المطلع الاول من البحوث النظرية حول انبثاق الصوت . وكان غاليليه Galilée ، في كتابه ديسكورسي 1638 هو الذي اعلن فكرة التواتر في ذبذبات الوتر ، وهو الذي ميز بين الارتفاع النسبي في صوتين نسبة الى تواترهما وبين اخيراً كيف ان تواتر وتر متذبذب يتعلق بطوله ويشده ثم بنوعه او جرمه . وبذات الوقت تقريباً حدد ب. مرسين P. Mersenne . عن طريق التجريب ان اعداد الذبذبات في وترين من نفس الطول ونفس الشد تتناسب في ما بينهما تبعاً للجذر التربيعي لجرميها Masses ، وان نفس اعداد تناسب مع الجذر التربيعي للاوزان الشادة . ولاحظ ان وترأ مشدوداً يسمع ، اضافة الى النوتة الاساسية ، ما اسماء جوزيف موفير Joseph Sauveur (1653 - 1716) الهرمونيكاك العليا ، ولكنه لم يكتشف سببها .

هذا الاكتشاف الذي اقتضى دراسة للحالة التذبذبية في الوتر انجزه الانجليزي و. نوبل W. Noble وت. بيغوت Th. Pigot وعرضه واليس Wallis سنة 1677 . وطوره بشكل مستقل موفير Sauveur سنة 1700 الذي جرب مستعملاً الورق للقياس وحدد بالتالي موقع العقد والجيوب في الذبذبات فوق الوتر المرتجف . وشكّ بمفهوم الموجات المتوقفة واستعمل ظاهرة النبضات ، والرنين

Resonance مقرأ العلاقة مع ملاحظات أخرى حول انابيب الاورغ⁽¹⁾ ولم تمنعه بدائية نظريته من اكتشاف العلاقات البسيطة في الذبذبات المسموعة ، الى جانب النوتة الاساسية ، من وتر يتذبذب ، وقد اسمى هذه الاجراس بالمهرمونات العليا .

وعلم كاري (1709) Carré وفيليب دي لاهير (1716) Ph. de la Hire ان الصوت الذي يحدثه الوتر يأتي عن « ارتجاج » الخلايا ، ارتجاجاً تحدثه الذبذبات ، في حين ان نيوتن في كتابه برنيسيا يرى ان الذبذبات في الوتر هي المولدة المباشرة للاصوات . وفي حين بدأ العلماء يطرحون بصورة جدية مسألة طبيعة الصوت ، ويترددون حول المبدأ الواجب اعتماده ، اخذت تتضاعف البحوث النظرية حول الحالة الارتجاجية في الاوتار المرتجفة ، وشكلت فصلاً مبدعاً في الميكانيك العقلاني . وفي سنة 1715 شرع بروك تايلور Brook Taylor في تطوير النتائج التي حصل عليها مرسين وحدد تواتر الارتجاج الاساسي في وتر مرتجف .

وتوصل الى نتيجة تعادل المعادلة الحديثة : $n' = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}}$ حيث L يساوي طول الوتر و T تساوي الشد و m تساوي الكثافة الطولية و n تساوي تواتر الذبذبة .

واستنتج جان برنولي Jean Bernoulli ، مخطئاً ، ان منحني الذبذبات هو اهليلج . ووضع ابنه دانيال المعادلات الاولى التفاضلية للمسألة دون ان يستطيع دمجها بشكل متكامل . ودالمبير d'Alembert هو الذي شرح ودمج سنة 1747 ، المعادلة الاساسية بالمتفرعات الجزئية :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = a^2 \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

وفيه y = الفرق العارض في خلية ذات سينية x على الوتر وهو فرق تابع بأن واحد لـ x ولزمن

وتفسير الدالتين العفويتين ، المتدخل في حل هذه المعادلة ، ادى الى مناقشات طويلة ساهمت في التطور السريع في نظريات المشتقات الجزئية . وقد لعب فيها اولر ودالمبير ودانيال وبرنولي ومونج ولاغرانج وفورييه دوراً اساسياً . وعالج دانيال برنولي ولاغرانج الدراسة النظرية للانابيب المتذبذبة في حين انه بفضل دانيال برنولي وأولر معاً درست الظواهرات التذبذبية المتنوعة جداً مثل : القضبان والحلقات والاجراس والطاير ، درست دراسة رياضية ، واعطيت لها بالتالي تمثيلات واحدة ، مستقلة عن كل نظرية حول الصوت . هذا الترييض قدم لعلم الصوت أداة أساسية .

ودراسة الحالات التذبذبية لم تبق نظرية خالصة وتسببت بالعديد من محاولات التثبت التجريبي .

(1) إن ظاهرة النبضات قد استعملها سوفير Sauveur لكي يوجد مقياساً للتوتر ولكي يحدد ارتفاع أية نوتة . وفي منتصف القرن الثامن عشر أشار سورج ورومو وتارتيني Sörgé, Romieu, Tartini إلى إمكانية الحصول على ظاهرة النبضات ذات التواتر الموسيقي (فرق التواترات والاصوات التي تتداخل) .

وجرت بصورة منهجية في آخر القرن الثامن عشر على يد ارنست فريدريك كلادني Ernst Friedrich Chladni (1756 - 1827) واثبتت ، الى جانب الارجحات الاعتراضية في الاوتار ارجحات طولية وارجحات انجدالية . ودرس كلادني أيضاً ذبذبات (معيار النغم) أو الأزاز ، ولكي يتحكم بملاحظات أولر حول ارتجاجات الجلود ، استخدم كلادني الطريقة التي من شأنها إظهار الخطوط العنقودية فوق الصفائح المرتجفة بعد رشها بالرمل . كما أجرى تجاربه أيضاً على الأجراس المملوءة بالماء ، وكانت الحالة الارتجاجية في الجرس المحكوك تظهر بواسطة الموجات فوق سطح الماء .

الموجات الصوتية - واخذت فكرة الموجة وفكرة انتشار ظاهرة تتبع الحركة المسماة تمواجية ، اخذت تتجسد بصورة تدريجية ، بخلال النصف الثاني من القرن السابع عشر . وقدم هويجنس في كتابه (حول الضوء سنة 1690) عرضاً شكلياً ، ولكن الافكار التي صاغها كانت من قبل معروفة بالسمع منذ عدة سنوات . وتكلم غريمالدي Grimaldi في كتابه «فيزيكوماتيزيس» 1665 ، عن التشابه بين موجات الماء وانتشار الضوء . اما ب. انغو P. Ango فقد كان اكثر وضوحاً في كتابه «اوبتيكا» الذي نشره سنة 1682 سنداً لمخطوطة عن ب. باردي P. Pardies متعلقة بالضبط بالحركة التمرجية :

« انها الحركة الشائعة الان بين فلاسفة هذا الزمن الذين يقارنون بين الانتفاخات والانقباضات في الهواء والتي طلبها ارسطو من اجل احداث الصوت ، مع وبين الموجات التي ترى مرتفعة فوق سطح ماء هادىء عندما يرمى فيه حجر » .

وتشبيه موجات الماء ، هو اذاً باعتراف ب. انغو مطبق بالدرجة الاولى على الظاهرة الصوتية . ثم هو يطبق على الضوء ، والتميز الوحيد بين الصوت والضوء يأتي من ان الضوء يتطلب ذبذبات اكثر سرعة ، ووسطاً تذبذبياً مساعداً على انتشارها ، اكثر رهاقة من الهواء ، وهو الاثير . ولم يغير هويجنس شيئاً في هذا التصور ، وقد ساوى بين الصوت والضوء باعتبارهما مكونين من تموجات طولية ولكن الضوء هو الذي يهجه ، ونظريته التارجحية لها قليل من التأثير في تطور السمعيات . اما نيوتن ، وان لم يهدف بالضبط الى الموجات ، فانه في كتابه «المبادئ» يمثل الصوت وكأنه صدمات تنتشر من خلية الى خلية ، وبشكل موحد في جميع الاتجاهات ، ويشير ايضاً الى ان سرعة الانتشار تناسب مع حاصل قسمة الجذر التربيعي للمطاطية على الثقل النوعي . وهذه الصيغة سوف لن تجد تأكيداً لها في التجربة إلا عندما أحل لابلاس فيها المضغوطة الكظمية محل المضغوطة متساوية درجة الحرارة وذلك في سنة 1826 . وفي حين بقيت النظرية التارجحية وبقي تطبيق الحساب على الظاهرة الصوتية ، في الحالة الجنينية ، رغم الالهامات الموفقة واللقاءات المساعدة عرضاً ، رغم كل ذلك تم اكتساب عناصر أساسية في أواخر القرن السابع عشر .

وبين أوتو غيريك Otto de Guericke مخترع الآلة الماصة للهواء سنة 1650 ، ان الصوت بعكس الضوء لا ينتشر في الفراغ . واكمل بويل Boyle ودينيس بابان Denis Papin وهوكسي Hauksbee ، هذه التجارب وبينوا ان الهواء هو الذي ينقل الذبذبات الصوتية .

ومع ذلك فانه في سنة 1779 فقط اثبت بريستلي Priestley ان زخم الصوت المنقول بواسطة

الغاز يتناسب مع كثافة هذا الغاز أو ثقله النوعي بالأحرى وجرب درهام Derham سرعة الصوت على اساس مفاهيم نيوتن فلاحظ ان هذه السرعة غير مرتبطة بالزخم ، بل انها تكون اكبر باتجاه الريح اكثر مما هي بعكسه . واخيراً جرى البحث حول ظاهرة الصدى ، وجرت محاولات لاستخدامه (مرسين) من اجل قياس سرعة الصوت . واخترع مورلان Morland سنة 1671 ناقلة الصوت ، ولكنه شرحها خطأ بانها انعكاسات حول اطراف الانبوب . اما الاستنتاج الذي فرض نفسه امام كل هذه الوقائع ، فقد عبر عنه ب . انغو P.Ango بقوله : « يوجد في الصوت شيء اخر اكثر من الصفة الخالصة » كما اراد ذلك السكولاستيكيون ، وهذا الشيء هو الذبذبة والأرجحة في الهواء . ورغم التعابير غير الكافية فان التمييز بين زخم الصوت (اي مدى اتساع الذبذبات) وارتفاع الصوت اي تواتر الذبذبات ، قد عبر عنه ايضاً ب . انغو بدون غموض ، وهذه الشهادة تدل على ان تحليل الصوت يسير في دربه الصحيح .

واكمل القرن الثامن عشر هذا التحليل في عدة نقاط مهمة . وفي سنة 1738 قدمت اللجنة المسماة من قبل الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس والمؤلفة من جاك كاسيني Jacques Cassini ومرالدي Maraldi ولاكاي Lacaille من اجل قياس صحيح لسرعة الصوت ، نتائج أعمالها : 173 قامة أي 337 متراً في الثانية وهي نتيجة افضل بكثير من النتائج التي قدمها في السابق مرسين Mersenne وغاسندي Gassendi وبوريلى Borelli وفيفياني Viviani . ان التركيب الجيومتري مع سرعة الريح ، واستقلالية الضغط وتزايد السرعة مع الحرارة ، تلك هي العناصر الاخرى التي قدمتها هذه اللجنة ، التي لم تحسن نتائجها الا في القرن التاسع عشر .

ولان مطاطية الماء كانت منكورة وكذلك مطاطية السوائل عموماً ، كانت ترى استحالة انتشار الصوت في السوائل في اواخر القرن السابع عشر . وفي سنة 1743 اثبت نوليه Nollet ان الصوت ينتقل ايضاً بالماء . وعندما غطس في نهر السين لاحظ انه يسمع الاشارات الصوتية بنفس ارتفاع الصوت انما بزخم مختلف . وعندما استعمل الماء المنقى من الهواء بين نوليه ان الصوت لم ينقل بواسطة الهواء المنقول في الماء . وفي سنة 1791 بن بيرول Pérolle بواسطة تجارب متنوعة ان الصوت يذهب الى ابعد في اي سائل منه في الهواء . ومن جهته قام كلادني Chladni بقياسات غير مباشرة لسرعة الصوت في اجسام متنوعة وفي غازات متنوعة .

وهكذا تبدو حصيلة القرن الثامن عشر بعيدة عن الاهمال : معرفة اكثر وضوحاً بانتشار الصوت في الهواء ، ثم اثبات استقلالية تواتر الذبذبات بالنسبة الى مكان النقل . وبدت طبيعة الصوت في اواخر القرن الثامن عشر وكأنها متميزة بصورة أساسية بالحالة الاربعائية ، وكانت الارض قد اصبحت ممهدة : دراسة ظاهرات التشابك ، والرنين ، ثم تحليل الاصوات المعقدة المؤلفة من تراكب عدة اصوات بسيطة او هارمونيك ، وعن ذلك تنتج فكرة الجرس ، كل ذلك اصبح ممكن التنفيذ⁽¹⁾ .

(1) إن دور الهارمونيك في الجرس سبق إليه رامو Rameau سنة 1726 وفهمه بوضوح مونج Monge حوالى 1780 ولكن هذا الإكتشاف بقي مجهولاً طيلة قرن من الزمن حتى جاء هلمهولتز Helmholtz.

الصوت البشري - اشار افلاطون Platon في « قوانينه » ان الصوت البشري يجب ان يعتبر ايضاً بحسب قواعد الهارمونيا الموسيقية وان الاصوات الخنجرية تتميز بحسب اجتماع النغمة العالية والنغمة العميقة . ولكن دراسة الصوت لم يكن بالامكان مباشرتها قبل توضيح تحليل الصوت . ولاحظ صموئيل ريهير Samuel Reyher (ماتيزيس موزيكا 1619) انه يسمع في الصوت ، ليس الصوت الاساسي فقط ، بل ايضاً الهرمونيك . واخذ رامو Rameau هذه الفكرة (النظام الجديد للموسيقى النظرية ، 1726) واخذ يجري تجاربه على احرف المد المغناة ثم اجرى تجربته الاولى حول التحليل الصوتي واكد هيلوغل Hellwag في رسالته في توبنجن (1780) Tubingen وفلورك Florke (1803 - 1804) ، اكدا الواقعة التي قبل بها ريهير Reyher بان الاصوات الخاصة بالتجوييف الحلقي تختلف باختلاف احرف المد المتنوعة .

واقصر على هذه العناصر تقديم القرن 17 و18 لمعرفة الصوت . وللهذه الى ابعد ، كان من الواجب اكتشاف وجود اوتار صوتية ومعدات تجريبية خاصة : المرنان الذي يتيح تمرين الاذن من اجل تحليل الاصوات وتمييز الهارمونيك العليا .

الاذن - وكان الاول الذي حاول تحديد حدود الاستماع في الاذن هو سوفير Sauveur (1700) . وقد اهتم اولر Euler ايضاً بهذا الامر (تتامن نونفا تيوريا موزيكا ، بطرس برغ 1739) ، كما لحظ الصعوبة المتوقعة بسبب التغيرات تبعاً للمراقبين . وكانت النتائج اقل اهمية من الحدث ، حدث التعبير عنها ، بمجرد ارتفاع الاصوات ، وهذا دليل جديد على الانتباه لهذا العنصر المميز . وبانتظار اكتشاف اوالية الاستماع جرت عدة دراسات حول تناغم وتنافر الاصوات بخلاف القرن الثامن عشر قام بها اولر ، وتاريني Tartini (كتاب الموسيقى ، 1754) ودالمبير d'Alembert (عناصر الموسيقى ، 1762) . ولكن هذه الدراسات اقتصرت على اعتبارات حول العلاقة البسيطة في تواتر الذبذبات التي تسمع بأن واحد .

وفي النهاية لم تجد الاداة الرياضية التي اعدتها الدراسات حول الاوتار وغيرها من الاجسام المبرججة لم تجد تطبيقها الكامل في الظاهرة الصوتية في القرن الثامن عشر . ولكن الاتصال مع الدراسات الفيزيائية حول طبيعة الصوت الذبذباتية ، بصرف النظر عن الوسط الدعامة هو الذي اتاح منذ مطلع القرن التاسع عشر ، الانجاز الرياضي بفضل سلسلات فورييه Fourier في تحليل الصوت ثم نشوء علم حقيقي حول التطبيقات المتعددة .

الفصل الثالث :

الحرارة في القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

إن أهمية الطاقة الحرارية في حياة البشر ضخمة وأكيدة . إنها في البداية حرارة الشمس . العنصر الأساسي اللازم لكل حياة نباتية أو حيوانية ، عنصر يؤمن تتالي الفصول ، وتوزيع المناخات وتغيراتها . وهناك أيضاً النار التي قلب الاستيلاء عليها ، باعتباره أحد أول وأكبر الانجازات التقنية التي حققها الإنسان ، قلب ظروف التغذية البشرية . وأتاح ولادة وتطور تقنيات أساسية مثل السيراميك والتعدين .

ولكن بمقدار أهمية هذه الظواهرات على الصعيد العملي ، بمقدار ما تبين تحليلها دقيقاً وصعباً . والسبب الرئيسي في هذا الوضع الذي جرّ وراءه ازدهاراً متأخراً جداً في ما يتعلق بدراسة هذه الظواهرات دراسة نظرية ، هذا السبب يكمن في صعوبة عزل العناصر الأساسية وتكوين مفاهيم عنها وهي : الحرارة وكمية السخونة . وتدخلت هذه العناصر ضمن إطار فيزيائي معقد للغاية تتداخل فيه الأسباب والمسببات ، وتدخل فيه مختلف مجالات الفيزياء (الميكانيك ، تغيرات الحالة ، البصريات ، الكهرباء الخ) ، الكيمياء (الاشتعال ، والتفاعلات المختلفة) ، الفيزيولوجيا (السخونة الحيوانية) ثم السيوفيزيولوجيا (مفهوم الحار والبارد) حيث توجد عوامل أخرى متقارنة ومندمجة بصورة حيمة فيها .

والأهمية المعطاة « للنار » تبدو من خلال المكانة المميزة التي تحتلها في كل الانظمة الكونية والفيزيائية التي وضعت بخلاف العصور القديمة . والنظرية الأمبيدوكلية ، وقد صيغت في القرن الخامس قبل المسيح ، وهي تقوم على العناصر الأربعة : ماء هواء نار ارض ، سوف تظل تحتل مكانة واسعة حتى نهاية القرن الثامن عشر . واعتمد ارسطو هذه النظرية بعد ان اكملها . وأكد وجود سمات أساسية : زوجين من الصفات المتناقضة الحار والبارد والجاف والرطب ، واجتماعها غير المتناقض يتطابق مع العناصر الأربعة (مثلاً النار حارة وجافة ، الهواء حار ورطب الخ) . وحرارة جسم ما ، (او مزاجه) تدل على النسب التي توجد من هذين الزوجين من الصفات الأساسية . هذا المفهوم المعتمد بشكل شبه عام حتى عصر النهضة . استكمل على الصعيد الطبي بالتمييز - المكمل والنوعي الخالص - الذي ادخله غاليلان ، وفيه الدرجات الأربع الممكنة في الحار والدرجات الأربع في البارد . وإذا فقد كان من غير الوارد التطلع الى انقاص الصفات الأساسية او ردها الى مفاهيم أخرى قابلة

للتكميم . وعلى الرغم من ذاتيته ومن محدودية تطبيقه ، ظلّ الاحساس السيكوفيزيولوجي بالحرارة والبارد حتى القرن السابع عشر التقدير الوحيد لمفهوم الحرارة ، وكذلك للفحص الطبي كما للرصدات المتعلقة بالارصاد الطقسية والفيزيائية .

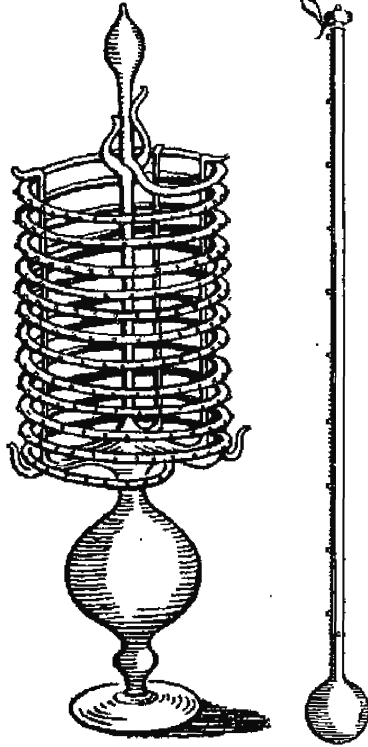
I - بدايات القياسات الحرارية (الترمومترية)

الرواصد الحرارية على الهواء Thermoscope (ترموسكوب) - منذ العصور القديمة لوحظت بعض مفاعيل تمدد الاجسام الصلبة والسوائل وكذلك طبق التوسع الحراري للهواء ولبخار الماء على عمل بعض الآلات المبتكرة المستعملة في اغلب الاحيان كآلات تسيير ذاتي . من ذلك ان فيلون اليزننطي Philon de Byzance (القرن 3 و2 قبل المسيح) وهيرون الاسكندري Héron d'Alexandrie (القرن الاول قبل المسيح) ، وصفا في كتابيهما عن «البوماتيك» انواعاً من الموازين لرصد الحرارة تتيح التثبت من سخونة وبرودة الهواء الموجود ضمن بالون . ولكن يبدو ان اية عملية لتتبع الحرارة لم تحصل بهذه المناسبة . وفيلون ، بهذا الشأن ، رغم تأثره باولية ديموقريط ، التي وصلته بواسطة ستراتون Straton ، يرجع بوضوح الى النظرية الارسطية حول المزايا والصفات . الا ان قيام كوماندينو Commandino سنة 1575 بنشر ترجمة لاتينية لكتاب هيرون «بوماتيك» ، اعاد ذكر هذه الآلات الى الازهان ، في الحين الذي كانت فيه مبادئ الفيزياء الارسطية ، موضوع جدل جدي . وانه لثبوت دلالة ان يكون غاليلي الذي يعتبر وكأنه اول من اعاد اكتشاف ميزان الحرارة (ترموسكوب) حوالي 1592 : في حين ان احد النصوص الغاليلية النادرة التي ترجع بوضوح الى هذه الآلة ، قد شجبت التميز الارسطي بين الحار والبارد باعتبارهما صفتين اماميتين .

وكان ستوريو Santorio ، وهو من المتحمسين للطرق الكمية في العلوم البيولوجية ، من اوائل الذين استخدموا قبل 1612 سلماً ترمومترياً لقياس الحرارة . وهذا السلم المحدود بنقطتيه القصوين : (درجة حرارة الثلج ودرجة حرارة لب شمع) يتضمن ترقياً تدرجياً متساوي التقسيمات الدسيمترية (العشرية) . وقد حطم ستوريو Santorio ، وهو يستخدم هذه الآلة من اجل تقدير درجة الحرارة البشرية لغايات طبية ، حطم المعتقد القديم القائل بان الجسم البشري يكون في الليل اكثر برودة منه في النهار . وهناك موازين لرصد الحرارة (ترموسكوب) ، مستوحاة من نماذج فيلون وهيرون او ستوريو قد وصفت من قبل العديد من المؤلفين في ذلك الزمن امثال : ك. دريبل C.Drebbe (حوالي 1600) ، فرنسيس باكون Francis Bacon (1620) ، ج. لوريثون J.Leurechon (1624) ، ر. فلود R.Fludd (1638) ، آ. كيرشر A.Kircher (1641) ، و. غيريك O.de Guericke (1672) الخ . ولكن الترموسكوب الهوائي ، والذي سمي خطأ من قبل لوريثون بالترموماتر او ميزان الحرارة لم يكن الا آلة قياس قليلة الامانة ، وحساسة بأن واحد تجاه تغيرات الضغط الجوي كما تجاه تغير الحرارة . وخطورة هذا العيب الاخير اكتشفت بخلال الارصاد البارومترية الاولى ، من قبل باسكال Pascal سنة 1648 كما اشار اليها مجدداً . بويل سنة 1662 . ويعد اكتشاف هذا الشكل من العيب ، الموجز جداً

حلت موازين الحرارة ذات السائل (ترمومتر) محل الترموسكوب الهوائي .

موازين الحرارة الاولى ذات السائل (ترمومتر) - كانت الاشارة الاولى الى ترمومتر ذي



سائل قد وردت في كتاب ارسله جان راي Jean Ray الى مرسين في اول كانون الثاني سنة 1632. وهذه الالة البدائية هي مجرد نقل للترموسكوب الهوائي . وهي تقتصر على بالون مملوء بالماء يعلوه انبوب رفيع جداً مفتوح في طرفه الاعلى . وبعد عدة سنوات ، وقيل 1650 وضعت نماذج اكثر كمالاً في فلورنسا في محيط دوق توسكانا الكبير . وكان السائل المستعمل في هذه الترمومترات هوروج الخمر (الكحول المخلوطة بالماء) وكانت الانابيب - بعضها مستقيم ، - يحمل التدرجات الفعلية ، وبعضها الاخر بشكل دائري حلزوني ، ويوضع في الصالونات - مسكبة باحكام حتى لا يتبخر السائل ، وكانت تحمل سُلماً مرقماً مصنوعاً من حبيبات زجاجية ، تسمح بتتبع درجات الحرارة (الصورة 37) . ولكي يتاح الاستعمال النهجي هذه المعدات ، من اجل غايات الملاحظة الارصادية او العلمية ، كان لا بد من تأمين امكانية المقارنة فيما بينها . ولهذا الغاية حدد علماء فلورنسا النقطتين القصوين في مقاييسهم (درجة الحرارة الشتوية الدنيا ، درجة الحرارة الحيوانية) وقسموا المسافة بين النقطتين الى عدد ثابت ذي اقسام متساوية ، مما يقتضي توحيد اتساع (كالبرا) الانبوب البارومتري . وأتاحت للملاحظات الرقابية ، المجرأة مثلاً في الثلج الذائب ، الثبوت من النتيجة الحاصلة . وهناك حالات اخرى استخدمت فيها « نقطة ثابتة واحدة » ، اما الترقيم فقد تم بالتعرف التجريبي على معامل التمدد في السائل الترمومتري ، ويعرف العلاقة بين الاحجام الداخلية للخزان ولقسم محدد من الانبوب . واستخدام هذه الموازين الحرارية من قبل أكاديمية سيمنتو ، في إطار الجهد التجريبي الواسع الذي قامت به بعد 1657⁽¹⁾ أتاح لها شهرة كبيرة .

صورة 37 - نموذجان لميزان حرارة وضعتها أكاديمية سيمنتو نحو سنة 1660 (متحف تاريخ العلوم في فلورنسا) .

ثابتة واحدة » ، اما الترقيم فقد تم بالتعرف التجريبي على معامل التمدد في السائل الترمومتري ، ويعرف العلاقة بين الاحجام الداخلية للخزان ولقسم محدد من الانبوب . واستخدام هذه الموازين الحرارية من قبل أكاديمية سيمنتو ، في إطار الجهد التجريبي الواسع الذي قامت به بعد 1657⁽¹⁾ أتاح لها شهرة كبيرة .

(1) استعمل علماء فلورنسا أيضاً سلاسل من رقاصات الضغط المدرجة ، بقصد تتبع تغيرات الحرارة إنطلاقاً من تغير درجات النقل النوعي في السائل .

وساعدت بعض النسخ المجلوبة الى فرنسا وانكلترا على نهضة العلوم التجريبية وعل تقدم الترمومترية من جديد (ترمو حرارة مترية قياس) : وكان الاستكمال الاساسي المتوقع في هذا السبيل الاخير ، واقعاً في مجالين ، الاول نظري : وهو التعمق التصوري لمفهوم الحرارة ، وتعريف سلم ترمومري ادق واكثر تجزئاً . اما المجال الاخر فتقني : وهو صنع الات اكثر دقة وامانة وأفضل ملائمة لمختلف الاحتياجات النظرية والعملية .

وهذا المجهود المزدوج التصوري والتقني ، احتاج الى قرابة قرن قبل ان يصل الى نتائج مرضية نوعاً ما ، ولكنه شق الطريق الى دراسة النظرية لمجمل الظواهر الكالورية (الوحدات الحرارية) ، والى الاستعمال العملي الاكثر فعالية لمفاعيل هذه الظواهر . كما ادى بذات الوقت الى تقدم مهم في العديد من فروع العلم الخالص والعلم التطبيقي ، مثل الكيمياء او علم الارصاد حيث تتدخل هذه الظواهر .

تقدم علم قياس الحرارة (ترمومري) في القرن الثامن عشر - ان تمدد السوائل يبدو وكأنه ظاهرة ترمومترية هي الايسر اكتشافاً ، وبقي اختيار السائل الاكثر طواعية . ومنذ 1693 اقلع هالي Halley عن استعمال الماء ، بسبب نقطة تجمده العالية جداً . وفي سنة 1772 اشار ج . آ . ديلوك J.A.Deluc الى تعارض آخر او عدم صلاحية : وهو عدم انتظام تمدد الماء ووجود نقطة قصوى في الثقل النوعي هي الدرجة 4 مستيفراد . (وهذا الامر تأكد سنة 1805 بتجربة شهيرة لـ Hope ⁽¹⁾) . اما روح الخمر ، فهو سائل ذو معامل تمددي مرتفع ، وهو خليط من الماء والكحول ، ويساعد على صنع موازين حرارة حساسة جداً . ولكنه ذو نقطة غليان قليلة الارتفاع كما انه ذو تركيب غير محدد وذلك بسبب انعدام الفكرة الواضحة فيما يخص التمييز بين الخليط والنوع الكيميائي ، وكذلك لانعدام الطريقة الدقيقة لقياس الثقل النوعي ، وهو قياس لم يتحقق الا في سنة 1768 على يد بومي Baumé . الا ان العديد من المجرئين ، وخاصة ريمور Réaumur قد نجحوا في تحسين شروط استعماله نظراً لسعة انتشاره . وكان الزئبق خالياً من عيوب روح الخمر ، على الاقل بشكله النقي ، الا انه ذو معامل تمددي اقل ، وهذا ما اخر اعتماده كسائل ترمومري ، واذا كان بوليو Boulliau قد استعمله لهذه الغاية منذ 1659 ، فان انتشار استعماله بصورة واسعة لم يتم الا بعد 1720 ، بفضل تأثير فهرنهايت . وقد عرّف هذا الاخير ، وكان يهتم بالترمومترية منذ 1709 ، عرّف السلم الترمومري الاول ، الذي عاش حتى أيامنا هذه . وبعد العديد من التجارب ، حدد عند الدرجة صفر حرارة نوع من المزيج المبرد ، وعند الدرجة 96 حرارة جسم انسان بصحة جيدة . وثبت بان تجمد الماء وغليانه تحت الضغط الجوي

(1) بين الدرجة صفر مئوية (ذوبان الجليد) والدرجة 4 مئوية ، ينقص حجم كتلة محددة من الماء عندما تزداد الحرارة . وذلك عكس ما يحصل لبقية السوائل . وفوق الدرجة 4 مئوية يتبع الماء القاعدة العامة ، ويزداد حجمه كلما ازدادت الحرارة . ويتج عن ذلك بشكل أكيد أن الماء يصل إلى درجة قصوى في ثقله النوعي عند الدرجة 4 مئوية . وضمن فسحة أو مسافة حول هذه الدرجة الحرارية يكون تروقيم أي ترمومتر مائي مطابقاً لقيمتين ممكنتين .

العادي يحدثان عند درجات حرارة ثابتة (اي على التوالي عند الدرجة 32° و 212° في سلمه) وهذان الرقمان اعتمدا بوجه عام كنقطتين ثابتتين اساسيتين⁽¹⁾. وبواسطة الة خاصة ، هي « الهبسومتر » اثبت فهرنهايت Fahrenheit ان نقطة غليان الماء تتغير تبعاً للضغط الخارجي ، وهذا امر استخدمه فيها بعد ديلوك في قياس الارتفاعات . كما انه حدد نقطة غليان السوائل المختلفة .

وهناك سلم ترمومري اخر استعمل في بعض البلدان الاوروبية الغربية حتى بداية القرن التاسع عشر. وفيه جعل الصفر والدرجة 80 درجتى حرارة تجميد المياه وغليانها تحت الضغط العادي . وهذا السلم برغم انه ادخل بشكله الدقيق هذا ، في سنة 1772 الى فرنسا ، على يد الفيزيائي والعالم الارصادي الجينيبي ج . آ . ديلوك J. A. Deluc ، وذلك في كتابه « بحوث حول تغيرات الفضاء » ، هذا السلم يحمل خطأ اسم العالم الطبيعي الفرنسي ريومور Réaumur ، الذي تولى ترقية ترمومتراته انطلاقاً من نقطة ثابتة وحيدة هي صفر درجة (تعادل تجمد الماء) بعد دراسة مسبقة لتمدد السائل الترمومري ، وتعير دقيق للأنبوب .

واخيراً ادخل السلم الترمومري المثوي الكلاسيكي (صفر درجة و 100° وذلك لنقطتي جود الماء وغليانه في ظل الظروف العادية) ، سنة 1743 من قبل الليوني ج . ب . كريستين J. P. Christin . وهذا السلم ، المحدد اليوم بشكل دقيق انطلاقاً من السلم الدولي المطلق ، يحمل اسم العالم الفيزيائي السويدي آ . سلسيوس A. Celsius ، الذي استعمله - بشكل معكوس - انطلاقاً من مطلع 1744 .

وكان استعمال الترمومترات لغايات ارسادية جوية (ميثروولوجي) هو في اساس قسم مهم من التحسينات التي ادخلت على صناعة الترمومترات . وهذا الاستعمال ادى ايضاً الى وضع معدات خاصة مثل الترمومتر ذي الحد الأقصى وذو الحد الأدنى (ش . كافينديش 1757 Ch. Cavendish : أدوات منفصلة ؛ ج . سيكس J. Six ، 1782 : الة وحيدة ؛ د . روبرت رورث 1790 Rutherford : الة وحيدة) ؛ كما ادى استعمال الترمومترات ايضاً الى صنع الميزان الحراري المسجل (آ . كيث 1795 A. Keith) الخ . والعديد من البيرومترات التي صنعت بحلول هذا القرن (ب . فان موشنبروك 1740 P. Van Musschenbroek ، ج . اليكوت 1736 J. Ellicott ، ج . سميون 1754 J. Smeaton)

(1) إن نقطة تجمد الماء ، التي اعتملت كنقطة وسط من قبل الفيزيائيين في أكاديمية سيمنتو Cimento ، كان قد اقترحها كنقطة ثابتة هووك Hooke (1665) ، وهويجن (1665) ، والرنسي Dalancé (1688) وريئالديني Renaldini (1693) ، ونيوتن (1701) الخ . ولكن وجود ظاهرة الذوبان القوي ببر بعض التحفظات هذا الشأن . إن نقطة غليان الماء ، وقد اقترحت كنقطة ثابتة ايضاً من قبل هويجن Huygens (1665) ، وزيئالديني (1693) ، وامنتون Amontons (1702) ، الخ ، لم تكن أميز من بعض النقط الثابتة الأخرى المستخدمة في تلك الحقبة ، إلا إذا كانت نقاوة السائل وثبوت الضغط مفروضين بشكل الزامي . ولكن هذا لم يحصل فيما يخص ترمومتر ريئالديني الذي كان الأول في استخدام كلتي الحراريتين ، لتغير حالة الماء كنقطتين ثابتتين .

لافوازييه Lavoisier ولاپلاس Laplace 1781 ؛ ج. رامسدين J. Ramsden 1785 كل هؤلاء كان هدفهم في الواقع دراسة التمدد الحراري للمعادن ، وذلك من اجل تطبيقها في صنع الساعات والموازين الرصدية ⁽¹⁾ . اما البيرومتر الحقيقي الوحيد فقد تصوره ج. ودغود J. Wedgwood سنة 1782 من اجل تحديد حرارة افران الفخاريات ؛ وهو مبني على تمدد مكعبات صغيرة من الصلصال .

وقد كشف انجاز ترمومترات من انواع متنوعة ، وطول المناقشات ، حول اختيار الظاهرة الفيزيائية المختارة ، وحول تحديد السلم وترقيمه (نقطة ثابتة وحيدة او نقطتان ثابتتان . . .) عن الطبيعة الاتفاقية (الاصطلاحية) لكل محاولة من اجل تحديد درجة الحرارة انطلاقاً من ظاهرة فيزيائية محددة ومعينة ، ولكن الدراسات المقارنة وحدها ، الاكثر دقة ، والتي وقعت في النصف الاول من القرن 19 هي التي اتاحت اقرار هذه الواقعة بوضوح ، مؤدية الى تحديد السلم الحراري الديناميكي (ترموديناميك) المطلق .

الا ان بعض التجارب الحاصلة ، منذ بداية القرن 18 ، رغم مجيئها قبل وقتها ، فهي التي فتحت المجال .

تحديد الترمومتر الغازي وبدايات مفهوم الحرارة المطلقة - فيما بين 1702 - 1703 اعتمد ج. آمونتون G.Amontons كمغير ترمومترتي ضغط كتلة من الهواء محفوظة تحت حجم ثابت ، يصحح حجمها تبعاً لتحركات الضغط الجوي . وأشار آمونتون انطلاقاً من النتائج التجريبية الى التبعية الخطية الطولية ، في هذا المتغير ، بالنسبة الى درجة الحرارة ، واعاد الثقة بميزان الحرارة الهوائي ، بشكل اكثر ارضاء ، والذي عرف نجاحاً كبيراً ابتداءً من القرن 19 .

وكان هدف آمونتون الرئيسي تسهيل المقارنة بين القياسات المجراة في اماكن متنوعة ، وفي اوقات متنوعة ، بحيث يتاح القيام ، فوق كل الكرة الارضية ، باستقصاء واسع ارضادي يمتد خلال حقبة طويلة . واستبق آمونتون ، بحوالي قرن ونصف قرن مفهوم الغاز الكامل ، فعرف الحرارة بانها مقدار قابل للقياس ، وليس فقط مقداراً يمكن تتبعه ، ممهداً امام فكرة درجة الحرارة المطلقة .

وكانت القيم التي اعتمدها آمونتون للتدليل على درجات الحرارة في تجمد وغليان الماء 51 ، $1/2$ و73 (بالبوصة الزئبقية) قد اتاحت تحديد « صفرها المطلق » (وهو تعبير قال به لامبير Lambert) وهي تمثل درجة حرارة يكون فيها ضغط الهواء لاغياً ، وسماه « البرد الاقصى في هذا الترمومتر: -239° مئوية .

ورجع ج. هـ. لامبير J.H.Lambert الى نفس التحليل العقلي انطلاقاً من قياسات اكثر دقة ،

(1) إن حلقة غرافساند Gravesande الشهيرة قد ابتكرت لإثبات أن القطر الخارجي يزداد بنفس نسبة ازدياد القطر الداخلي عندما تتمدد الحلقة أو الأنبوب . وكان مخترع هذه الحلقة هو . ج. غرافساند (1688 - 1742) ، أستاذاً في جامعة ليد ، وكان مديعاً وداعية ناشطة للفيزياء التجريبية .

فحصل في كتابه « بيروميتري » (1779) على 270,3 - درجة مئوية ، وهو عدد قريب جداً من القيمة المعتمدة حالياً وهي 273,2 - درجة مئوية . ولتحسين الدقة كان من الواجب الحصول على معرفة أفضل بالخصائص الحرارية للغازات ، الأمر الذي يقتضي بصورة مسبقة التثبت من مثل هذه الأجسام غير الهواء ، وهو المثل الوحيد المعروف تماماً في زمن امونتون .

دراسة الخصائص التمددية في الغازات - أدى النبوض السريع ، بالكيمياء المفرغة للهواء ، وبصورة فعلية خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر الى دراسة مجمل الخصائص الفيزيائية للغازات ، وبصورة خاصة دراسة العلاقات بين الحجم والضغط ودرجة الحرارة في كتلة معينة من الغاز .

وإذا كان قانون تساوي درجة الحرارة الذي وضعه بويل Boyle وماريوت Mariotte قد أثبت عن أهميته وكفايته - مع الأخذ في الاعتبار ضعف الدقة المطلوبة ، والحدود التضيقية لفرجات التطبيق - وهذا الى ان حصلت التجارب الكبرى على يد رينولت Regnault في القرن التاسع عشر ، فإن قياسات الثقل النوعي ، والنتائج المتعلقة بتمدد الغازات ذات الضغط الثابت ، او تغير ضغطها في حالة الحجم الثابت ، كل ذلك بدأ مختلفاً تماماً .

واتاحت القياسات الأكثر دقة ، التي اجريت بقصد ابعاد الاسباب الرئيسية للغلط - وبصورة خاصة رطوبة الغازات المدروسة - اتاحت لشارل Charles ان يقرر قبيل 1790 ان تزايد الضغط على مختلف الغازات ذات الحجم الثابت يتناسب مع ارتفاع درجة حرارتها ويتناسب مع حجمها (كما قال بذلك امونتون من قبل) ، ولكن هذا التزايد لا يتعلق بطبيعة هذه الغازات . ولا كانت هذه النتائج قد بقيت من غير نشر ، فقد توجب انتظار سنة 1802 حتى يقوم غاي - لوساك Gay-Lussac بمراجعة الدراسة التجريبية ، بشكل اكثر وضوحاً ، فعرف بهذا القانون ، وبذات الوقت عرف بالقانون المرتبط به والمتعلق بالتمدد في حال الضغط الثابت . وعرف النصف الاول من القرن التاسع عشر توسعاً ضخماً في البحث حول الخصائص الفيزيائية للغازات والابخرة : هذا التطور ، المشروط جزئياً بالتطبيقات العملية ، أدى الى اكتشاف القانونين الاولين في الترموديناميك ، كما أدى ، في سنة 1848 الى ادخال السلم الترموديناميكي المطلق على يد لورد كلفن Lord Kelvin . وكان هذا السلم المؤسس على خصائص « الغازات الكاملة » قد ازال الصعوبات الاخيرة التصورية المتعلقة بمفهوم درجة الحرارة . ولكن ، ومنذ القرن الثامن عشر اتاحت الانجازات المحددة المحققة في مجال الترمومتريا ، بأن واحد توسيع التطبيقات لتشمل الكيمياء والارصاد الجوية ثم عن طريق الفصل بين مفاهيم الحرارة وكمية الحرارة ، الوصول الى ارساء القواعد الاساسية في علم الكالوريمتريا (او قياس درجات الحرارة) ، وهي تقنية ضرورية لقيام علم الترموديناميك .

II - نظريات الحرارة (السخونة)

بخلال القرن السابع عشر ، ورغم ان مفهوم الحرارة او السخونة لم يتوضح بشكل كامل . فقد كانت هناك نوعيتان من النظريات تتصارعان في موضوعها .

وكان التلامذة البعيدون الذريون اليونان ، وغامسندى Gassendi بشكل خاص ، يقبلون بجسمية النار ، اذ يعتبرونها مكونة من جزيئات متناهية اللطف وخفيفة ، مزودة بحركية ضخمة تخرق المادة العادية ، في مختلف حالاتها ، وتفضل بمجرد حضورها فقط . اما اتباع المذهب الميكانيكي ، فالسخونة عندهم تنتج عن الحركة وليس عن الفعل المباشر ، اما للجزيئات المكونة للمادة كما تقول النظرية الاولى الحركية للغازات والتي وضعها دانيال برنولي سنة 1727 وهي نظرية تقول بان تصادم هذه الجسيمات يؤمن لها الاحتفاظ بطاقتها الحركية - واما ان الحرارة او السخونة تنتج عن حركة جزيئات متناهية الصغر وشبيهة بالجزيئات التي استعان بها الذريون ، كما هو الحال في تصورات فرنسيس باكون Bacon Francis وديكارط Descartes وهوك de Hooke وماريوت Mariotte وامونتون Amontons .

فمن « مادة النار » الى السُعرية (Calorique) - نظراً لعدم وجود برهان تجريبي حاسم . اصبح الاختيار بين نمطي النظريات صعب التبرير . وقد اعتمد بويل Boyle - معتقداً انه يأخذ الى اوسع مدى بالوقائع المرصودة - نظرية مختلطة ، مدخلاً بأن واحد الجسمانية - لكي يفسر الزيادة المفترضة في وزن المعادن المتكسلة في اناء مقفل - وجهة النظر الحركية لكي يفسر انتاج الحرارة بالحك . حتى نيوتن نفسه اعتمد بحسب الحالات مواقف متفرقة مختلفة نوعاً ما . والواقع ، وحتى القرن 19 ، ان المفاهيم الشائعة سوف تكون المفاهيم التي تندمج بالشكل الاكثر ارضاءً في نظرية فيزيائية او كيميائية عامة . فالتأويل المضلل لتجربة « تكلس » المعادن بالاناء المقفل ، وازدهار نظرية السائل الناري Phlogistique ، ثم التوضيح التدريجي لحفظ كمية السخونة كاملة في التبادل السعري الخالص ، كانت بالنسبة الى الكيميائيين ، في القرن 18 ، حججاً حاسمة لصالح نظرية جسمانية حول السخونة . ولكن ، كما هو الحال بالنسبة الى السائل الناري Phlogistique عملت الاكتشافات المتتالية ، التي قام بها الكيميائيون بخلاف النصف الثاني من القرن 18 ، بصورة مستمرة ، على تغيير الطبيعة والخصائص المعزوة الى هذه المادة النارية ؛ انها مادة قابلة للوزن ، مكونة من ذرات لطيفة ولكنها وازنة ؛ وقد اعتبرها كيميائيو مطلع القرن (هومبرغ Homberg ، ليمري Lémery ، بورهاف Boerhaave) الخ بمرتب السائل الذي لا يتقبل التحطيم وغير مادية ، انه « السُعْرُ » في نظر لافوازيه Lavoisier وتلامذته⁽¹⁾ بعد ان عرف المصائر الاكثر تنوعاً والاكثر تناقضاً ، بخلاف الفترة الخرجة سنوات 1760 - 1780 . وقد عمل اعتبار « قياس السُعرية » (كالودمترية) كجسم عقيدة بسيطة ومتناسكة على تثبيت هذه النظرية وأمن استمراريتها ، الى ان توفرت في منتصف القرن 19 الحجج الدامغة لصالح النظرية الحركية .

(1) انظر فصل نشأة الكيمياء الحديثة. أن كلمة سعرية Calorique أدخلها لافوازيه في كتاب « الطريقة التصنيفية الكيميائية » الذي نشره سنة 1788 غريتون دي مورفو Gruyton De Morveau ولافوازيه وبرنولي وفوركرو Fourcroy ، برز هذا « السعْر » على رأس العناصر البسيطة .

رومفورد Rumford - انتاج السخونة بواسطة الحك ، « حفظ الطاقة » - لم تكن هذه النظرية الاخيرة قد نمت تماماً . وفي حوالي سنة 1780 ظل علماء امثال لابلاس وماكر Macquer انصاراً لها ، مدفوعين بأن واحد ، بنوع من الاحترام للتراث النيوتني ، وبأمل استطاعة مد مبدأ حفظ الطاقة ليشمل ميدان الحرارة ، هذا المبدأ المتحقق في اطار الميكانيك الضيق . وقد اشار باكون Bacon الى انتاج السخونة عن طريق الحك ، وكذلك بويل ، تأييداً للنظرية الميكانيكية . وبعد تجارب دنيس بابان Denis Papin اثبت بناء « المضخات النارية » الاولى ان السخونة تعمل على تبخير الماء ، وبالتالي ، على احداث قوى ضخمة .

وفي سنة 1798 ، تدخل بنجامين طومسون Benjamin Thompson ، كونت دي رومفورد Rumford (1753 - 1814) بضجة كبرى ، عندما استعمل النظرية الميكانيكية ، لكي يشرح الانتاج المهم للسخونة الملحوظ اثناء حفر انابيب المدافع .

وفي حين كان انصار « السعرية » يحاولون تفسير هذه الظاهرة عن طريق تغيير القدرة السعرية للاجسام المحكومة ، ثم تصاعد مقترن لسخونتها الكامنة ، استتج رومفورد ، مستنداً على تجارب دقيقة ومقنعة جداً بأن امكانية انتاج كمية من الحرارة غير محددة عن طريق الحك ، لا يمكن ان تفسر الا في اطار النظرية الميكانيكية ، عن طريق تحويل الطاقة الميكانيكية الى سخونة . هذا الموقف كان يتعارض مع التفسير الحصري المعتمد من قبل العلماء العديدين الذين يرون ان مبادئ حفظ الطاقة واستحالة الحركة الدائمة ، المقررين في مجال الميكانيك ، يجب ان لا تمتد الى ابعد من هذا الاطار الضيق . ان ثقل التراث ، مضافاً الى سيطرة نظرية « السعرية » كان من القوة بحيث انه ، باستثناء الكيميائي دافي Davy لم تقبل افكار رومفورد الا بتحفظ وان تأثيرها الحقيقي لم يتطور الا في السنوات 1820 .

مسألة الحرارة المشعة - في هذه الاثناء تكونت حجة اخرى ضد نظرية « السعرية » بذات الوقت : ان الامر يتعلق بالفهم التدريجي للتشابه بين الحرارة المشعة والضوء . لقد اجري العديد من التجارب بهذا الموضوع منذ القرن 17 ، ولكن اهمية معدل امتصاص الاشعة السعرية من قبل عدسات الزجاج غطت هذا التشابه في نظر العديد من المجريين . والفكرة التي اطلقها نيوتن - عن وجود نوعين من الانتشار مختلفين : عن طريق الانبثاق بالنسبة الى الضوء ، ثم عن طريق التمدج بالنسبة الى السخونة المشعة - ساهمت في تعقيد هذا الوضع . في هذه الاثناء ، وفي اواخر القرن 18 ، عملت الارصاد التي اجراها بعض العلماء ، ومنهم بوفون Buffon وشيلي Scheeli ، ولامبير Lambert ، وسوسور Saussure وبيكته Pictet ، على رؤية تماهي الطبيعة بين الضوء والحرارة المشعة . هذه الواقعة التي أحس بها سنة 1791 ب. بريفو P. Prévoست ، الذي حدد المفهوم المهم للتوازن المتحرك ، وج. هوتون J. Hutton (1794) ، قد ثبتت اخيراً في السنوات الاولى من القرن التاسع عشر . وشكلت هذه الواقعة فيما بعد حجة ذات وزن ، لصالح النظرية الميكانيكية التي سوف نشير في مختلف فصول المجلد اللاحق ، الى نجاحها نجاحاً يعزى الى وضع قوانين اساسية في مجال الترموديناميك ، والى فهم

اكثر وضوحاً للصفة الكونية الشاملة لمفهوم الطاقة .

ولكن الى جانب هذه المناقشات المشحونة حول تفسير « طبيعة النار » . عرف النصف الثاني من القرن 18 تحقيق خطوة ضخمة الى الامام في دراسة الظواهرات السعرية ، بفضل توضيح مفهوم كمية السخونة ، والمفاهيم المشتقة من السخونة الكامنة ، والسخونة الذاتية ، السخ وهي مفاهيم اتاحت وضع اساسات علم السعرية « كالورمترية » .

فكرة كمية السخونة وبيدات قياس السُعْرية (كالورمترية) : جوزيف بلاك Joseph Black ، لافوازيه Lavoisier ولاپلاس Laplace - ان مفهوم كمية السخونة لم يكن ليتوضح كمفهوم او فكرة الا بعد ان توضحت فكرة درجة الحرارة بشكل مستقر . كما انه لا يمكن ان يرى في هذه الفكرة الا تسبيق اول لفكرة « القوة القائمة للسخونة » في الجسم ، الا في اواخر القرن الخامس عشر ، عندما قام ج . مارلياني G. Marliani يعرفها بانها حاصل ضرب درجة حرارته بحجمه وبثقله النوعي . وقام فيزيائيو « اكاديمية سيمتو » بخطوة اولى في اقامة فكرة السخونة الذاتية النوعية عندما لاحظوا ان كميات متساوية من مختلف السوائل ، المحملة بصورة مسبقة الى نفس درجة الحرارة ، اذا وضعت فوق الجليد تذيب منه كميات متفاوتة . ولاحظ فهرنهايت Fahrenheit وبورهاف Boerhaave بدورهما نفس الملاحظات الماثلة ، ولكن الفيزيائي والكيميائي الاسكتلندي جوزف بلاك ، (1728-1799) هو الذي أوضح حوالي 1760 ، هذا المفهوم « القدرة على السخونة » (إن عبارة « سخونة نوعية » ادخلها ماجلان Magellan سنة 1780) عندما قدم أسلوباً واضحاً لقياسها .

كما ان مفهوم السخونة الكامنة في تغيير الحال ، هو ايضاً قد توضح ، من قبل بلاك الذي اثبت ان تسيل كمية من الجليد بدون رفع حرارتها ، يقتضي الاستعانة بمصدر مهم من السخونة الخارجية .

وكان من القائلين بنظرية مادية النار ، فقال بان هذا السائل غير القابل للوزن يمكنه ، عندما يفعل فعله في جسم ما ، ان يغير في درجة حرارته ، او عند اللزوم ، ان يحدث تغييراً في حالته الفيزيائية ، وهذا ينتج الماء عن مزيج من هذه المادة بالجليد . وبعد مقارنة مختلف مفاعيل هذه المادة النارية ، بخلاف عدة سنوات ، من 1757 الى 1762 ، تصور المفاهيم الحديثة لكمية السخونة ، والقدرة السُعْرية ، والسخونة الجرمية (السخونة النوعية) ، وللسخونة الكامنة في تغير الحال (الانتقال من حالة السيولة الى حالة الجمودية او الحالة الغازية والتغيرات المعاكسة) واسس الكالورمترية (او علم قياس سرعات الحرارة) ، حينها حقق بواسطة طريقة الخلاط التحديدات الاولى الفعلية لهذه المقادير (بمثل الماء بالنسبة الى السخونات الكامنة) . وبعد ان كان بلاك سنة 1764 قد تولى ، بشكل اكثر وضوحاً ، وبمساعدة تلميذه ايرفين Irvine ، تحديد الحرارة الكامنة من تبخر الماء ، كرر واط هذا القياس ، في اطار بحوثه حول الآلة البخارية . وهكذا ، وبخلاف عدة سنوات ، توضح مفهوم كمية السخونة ، بعد تطبيقه على عدة ظواهرات فيزيائية ، وعلى استكمال الآلة البخارية .

وارتكزت طريقة الخلاط التي استعملها بلاك في تجاربه السعرية على صيغة بدائية تعطي درجة

حرارة التوازن θ في جملة من الاجسام ذات القدرات السعيرية وذات درجات الحرارة الاساسية المتتالية : t_1, t_2, \dots, t_n و $C_1, C_2 \dots C_n$

$$\theta = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{C_1 + C_2 + \dots + C_n}$$

ان درجة حرارة التوازن θ ، استشعرت بشكل غامض من قبل ج. ب. موران J.B.Morin (استرولوجيا غاليلكا ، 1661) ، بسبب قصور في الفهم الواضح للمفاهيم العاملة ، قد قربت من الانهتان ، بشكل اكثر وضوحاً ، بفضل الاعمال المحققة في سان بطرسبرج على يد ج. و. كرافت G.W.Krafft (1744) و.و. ريشمان W.Richmann (1747) ، وبفضل اعمال الفيزيائي السويدي ج. ك. ويلكي J.C.Wilcke (1772) الذي كان منافساً لبلاك ، فحقق قياسات لسخونات تغيير الحالة والسخونات النوعية ، واخيراً بفضل اعمال الفنلندي ج. غادولين J.Gadolin . هذه الاعمال بدت في معظمها مستقلة عن اعمال بلاك . كما ان الاعلان عن نتائجها - وبخاصة نتائج اعمال ويلكي - اكمل ، الى حد ما ، النقص البالغ في نشر نتائج الاعمال الأكثر اتساعاً والاكثر عمومية التي حصل عليها الفيزيائي الاسكتلندي (بلاك) .

وبهذا الشأن ، اذا كانت اعمال بلاك قد وجدت تطبيقاً لها شبه مباشر ، في احد ابرز اختراعات واطع Watt ، وهو المكثف المنفصل ، فهي بالمقابل لم تنتشر الا ببطء شديد . فقد ظلت لفترة طويلة غير معروفة الا بشكل غير مباشر عبر الدروس والمحاضرات التي القاها مؤلفها في غلاسكو Glasgow وادنبره Edimbourg ، وعبر الاشارات الموضحة بدرجات متفاوتة ، على يد الفيزيائيين الآخرين ، وبعد موت بلاك فقط نشرت سنة 1803 ، من قبل ج. روبيسون J. Robison « محاضراته حول عناصر الكيمياء » والتي تضمنت جوهر ما قدمه في مجال دراسة الظواهر الحرارية .

من الصعب تقييم الحد الذي عرفت فيه انجازات وافكار بلاك الجديدة من قبل العلماء الفرنسيين في سنة 1782 ، وهي السنة التي باشر فيها لابلاس ولافوازيه سلسلة قياساتها السعيرية ، المحققة بواسطة ميزان للسعريات جليدي متقن الصنع

ورغم ان تقريرهما عن اعمالهما ، وهو « مذكرة حول السخونة » الشهير ، والمنشور سنة 1784 ، يكشف عن اختلاف جذري فيما يتعلق بطبيعة الحرارة - باعتبار ان لابلاس اعتمد الفرضية الميكانيكية ، في حين اعتمد لافوازيه الفرضية السعيرية - فقد حقق العالمان ، بفضل تعاونها الوثيق ، برنامجاً ممتازاً من القياسات . فقد تناول هذا البرنامج كل المظاهر الرئيسية للعمل السعيري : السخونات النوعية في الجوامد ، والسوائل وايضاً في الغازات ، سخونات تغيير الحالة ، ولكن ايضاً سخونات الدوبان ، وسخونات التفاعل ، السخونة الناتجة عن التنفس الخ . وهكذا فانها لم يكتفيا فقط بمتابعه عمل بلاك ، وذلك بتوضيح المفاهيم المتنوعة التي ادخلها هذا الاخير ، عندما استكمل تقنيات الكالوريمترية ، بل انها ايضاً ، ارسيا اساس الحرارة الكيميائية (ترموكيميا) واكتشفا اصل السخونة

الحيوانية . والبحوث التي قاما بها معاً ؛ حول هذه النقطة الأخيرة ، وكذلك البحوث المتأخرة التي قام بها لافوازيه مع تلميذه سيغن Seguin ، حول التنفس والعرق ، تشكل مرحلة مهمة في تطور الطرق الكمية ، في مجال الفيزيولوجيا الحيوانية⁽¹⁾ . وبعد بلاك ولا بلاس ولا فوازيه أصبحت « الكالورمتريا » مملوذة . لقد قدمت الى الفيزيائيين ، في القرن 19 ، التقنية التجريبية اللازمة لتأسيس علم الترموديناميك (الحرارة المتحركة)

التوصيلية الحرارية - كذلك في أواخر القرن الثامن عشر . أخذت ظاهرة انتقال السخونة من جسم الى آخر تتوضح بفضل التجارب الاولى التي تسمح بتمييز الاتصالية الحرارية . وبالفعل اذا كان التمييز بين الاجسام الموصلة جيداً للحرارة ، مثل المعادن ، والاجسام الموصلة الرديئة ، مثل الخشب ، قديماً جداً ، فانه ليس الا في سنة 1789 قد حصل ان قام الفيزيائي الهولندي انجنهوس Ingenhousz لهذه الغاية بانجاز جهاز تجريبي بسيط جداً - اشغل عليه بعد عدة سنوات ، رومفورد Rumford - من أجل مقارنة التوصيلية الحرارية في مختلف الأجسام الجامدة .

فقد اثبتت قضبان من ذات الحجم من هذه الاجسام ، حول اثناء معدني ، بعد ان تكون قد غطيت بطبقة خفيفة من جسم سريع الذوبان ، مثل الشمع . فاذا سكب الماء الحار في هذا الاناء ، فان ذوبان الشمع الموضوع على مختلف القضبان يتشر بشكل غير متساو ، وعندها يمكن تمييز التوصيلية الحرارية ، في كل قضيب ، بطول طبقة الشمع الذائب في ظروف معينة .

ان الدراسة النظرية لمسألة الايصال الحراري سوف تدرس بنجاح بخلاف السنوات الاولى من القرن التاسع عشر من قبل فوريه Fourier وسوف تسجل احدى النجاحات الاولى للفيزياء الرياضية .

بدايات الآلة البخارية - رغم ان تطور التقنيات هو خارج دراستنا ، يتوجب التذكير بان الآلة البخارية قد اخترعت في اواخر القرن السابع عشر . وقد عرفت تطبيقاتها الاولى واستكملت الاولى بخلاف القرن الثامن عشر . والمراحل المتتالية ، من هذا الفصل الممتع في تاريخ التقنيات قد وصف وحلل في المجلدين 2 و3 من التاريخ العام للتقنيات ، ولذا فاننا نكتفي هنا ببعض التذكير الموجز جداً .

لقد طبق هيرون Héron على بعض الآلات المعجبة قوة انتشار بخار الماء هذه القوة التي ادخلت ايضاً في بعض المشاريع النظرية الخالصة المنجزة بخلاف القرن السابع عشر ، وبخاصة من قبل ج . ب . دلابورتا G.B.della Porta ، وسالومون كوس Salomon de Caus وج . برانكا G.Branca ، وكذلك ادخلت في محاولات ربما كانت اكثر فعالية ، قام بها حوالي 1640 المركيز دي وورستر Worcester .

(1) انظر بهذا الشأن موضوع التنفس في الفصل الثاني في الكتاب الثالث من هذا القسم .

اما توضيح الضغط الجوي، والتجارب على آلة البارود التي قام بها هويجن مستبقاً أعمال دنيس بابان Denis Papin الذي - بعد ان اخترع الهاضمة Digesteur : اي طنجرته الشهيرة (1681) التي هي النموذج الاول لضغطاتنا الحديثة - حقق من خلال صعوبات من كل نوع عدة نماذج متتالية من الآلات المحركة المستخدمة لبخار الماء (1687 و 1707) ولكن على الصعيد العملي، كان بابان مسبوقاً بالانكليزي توماس سافيري Thomas Savery الذي - في سنة 1698 - اودع براءة آلة سميت بالآلة الجوية . ولكن آلة سافيري سرعان ما تخلفت وراء آلة نيوكومن Newcomen - القائمة على استخدام نظام السيلندر - بيستون (اسطوانة - دقاعة) - والتي شاع استعمالها كثيراً بخلال القرن الثامن عشر . اما الاستكمالات اللاحقة ، والاكثر اهمية فقد قام بها جيمس وات James Watt الذي سبق واشرنا الى اكتشافه للمكثف المنفصل، وهو اول مثل، في هذا المجال، لهذه التداخلات بين البحث الخالص والبحث التطبيقي تداخلات بدت مجزية وخصبة في القرن التاسع عشر .

وفي القرن التاسع عشر - كما سنرى في المجلد اللاحق - فقط اتاح توضيح مبادئ الترموديناميك (الحرارية - الحركية) فهم المبادئ الحقة لعمل الآلات الحرارية .

ان الجهد البطيء ، المبذول في مجال التجريب العملي وفي التفكير العلمي (الابستيمولوجي) ، - والذي قام به فيزيائيو القرن 17 والقرن 18 ، قد جرّ ، بخلال هذه الحقبة ، علم السخونة من المجال الكيفي الموروث عن العصور القديمة الى مجال علم كمي ، معد ومهيأ للقيام بثورة حقبة على الصعيد النظري ، وللاتصال الوثيق والخصب بالعلم التطبيقي .

الفصل الرابع :

الكهرباء والمغناطيسية في القرن الثامن عشر

تمت بخلال القرن اسابع عشر ثورة علمية . وقد اكتملت تقريباً في فجر القرن اللاحق . وفي الفيزياء طوّر غاليليه Galilée وباسكال Pascal وديكارت Descartes . عندما استخدم الرياضيات - وهويجنس Huygens وبخاصة نيوتن Newton ، طرق التقصي والتحليل التي سوف يعتمدها العلم الحديث .

ان كتاب نيوتن حول « النظرية الجديدة في الضوء والالوان » ، هو نموذج تحليل تجريبي واستقراء نظري ، هو من سنة 1672 ؛ وصدرت أول طبعة من كتاب المبادئ وهو نموذج تركيب فيزيائي رياضي سنة 1687 . ومن جهة اخرى ، وفي مجال الكهرباء ، وجد اوتو غيريك Otto de Guericke حوالي سنة 1660 آلة كهربائية ستاتي ، وهي احدى هذه الاختراعات الوطنية (احدى الاوليات) التي كثرت مرة واحدة وسائل العمل عند الباحثين في الطبيعة . وقد وصفها سنة 1672 ، بذات الوقت مع التجارب الجديدة التي أتاحت له صنعها .

ومع ذلك فان تقدم معارفنا حول المغناطيسية والكهرباء ظل بطيئاً جداً طيلة حوالي 50 سنة وحوالي نهاية القرن الثامن عشر تقريباً ، ادخلت التدابير الكمية الدقيقة الكهرباء والمغناطيسية في اطار العلم النيوتني .

وكانت الاسباب عديدة : أولاً الاعادة العفوية للتجارب حول الكهرباء الثبوتية (الكترولستاتيك) ثم تعقيدات التفاعلات بين قطع المغناطيس ذات الرأسين لكل قطعة .

وبعدها تضايق فيزيائيو هذه الحقبة ، اثناء فخرهم بانهم رفضوا النظريات الاحيائية ، اثناء توفهم الى ايجاد تفسير للظواهرات ، تضايقوا من الصور الميكانيكية الدقيقة جداً والمبهمة جداً بأن واحد ، لحركات الموائع اللطيفة ، للفضاء ، وللاعاصير ، التي تغشي الوقائع الحقيقية اكثر عما تفسرها . وقد كان الامر كما عبر عنه هوك Hooke قبل سنة 1703 بقوله :

« لقد كانوا يفضلون ذلك (اي ان يبنوا لانفسهم نوعاً من التصور الجميل او الخيال) على الجهد

في البحث المعمق المبني على التجارب وعلى التلمس والتحليل الدقيق ، وقد اكتشفوا بشيء يمكن ان يسليهم .

واخيراً بدت تجارب غيريك، وحتى الة الكهربائية، منسية او مهملة . وكان من الواجب ان تكتشف اكتشافاته من جديد واحدة واحدة بعد 40 سنة . وكان الكهربائيان الوحيدان من النصف الاول من القرن الثامن عشر ، اللذان ما نزال نقرأ مؤلفاتها بأنس وفائدة هما: شارل فرنسوا ميسترني دوفي Charles-François Cisternay Dufay وبنجمن فرنكلن Benjamin Franklin . وكانت الظاهرات التي راقبها قد وصفت بدقة ، أما المبادئ الناتجة عنها فقد صيغت بجلد ووضوح ، أما دور الصور الميكانيكية فقد كان مقتضياً جداً الى أقصى حد .

فرنسيس هوكسي Francis Hauksbee - في سنة 1675 اجرى الاباني جون بيكار Jean Picard ، وهو فلكي في باريس، ملاحظة غريبة فقد نقل ليلاً بارومتراً ولاحظ انه عند كل حركة عنيفة تهز الزئبق ، كان يرقق ازرق تقريباً يضيء الأنبوب ، ولشرح هذه الظاهرة ، اكتفى بخلال 30 سنة بتصور فرضيات مشوشة ، ذات طابع كيميائي عموماً .

وكان فرنسيس هوكسي (ت . 1713) تلميذاً لبويل Boyle الذي دربه على تقنية الفراغ (استكمالان مهمان لمضخة غيريك ، يعود الفضل فيهما الاول الى بويل ، والثاني وهو المضخة ذات الجسمين ، الى تلميذه) . وقد أهله تكوينه ومواهبه كمخترع ، وعبقريته كمجرب لكي يهتم « بالضوء البارومتري » . واجرى دراسة عنه منهجية بين 1705 - 1709 ، ويمكن القول اليوم ، رغم انه لم يعرف ذلك هو بنفسه ، ان دراساته كانت اولى البحوث حول التفريغ الكهربائي في الغاز المُنْدَر .

وبين ان الاحتكاك كان السبب في هذه الظاهرة ، مثلاً احتكاك الزئبق بالزجاج ، ولكي يشمل تجربته مواد اخرى صنع جهازاً معقداً ، فيه يدور، ضمن فراغ جزئي ، دولا ب اثبتت فيه قطع من العنبر تحتك بالصوف . ثم ادار أنبوباً من الزجاج مفرغاً من الهواء وأخذ يحكه بيده . ويقول بعض المؤرخين انه بهذا اعد اختراع الالة الكهربائية التي صنعها غيريك Guericke . وهذا ممكن . ولكن الاسبقية تعود بدون شك الى هذا الأخير .

وبواسطة هذه الآلة اعد اجراء ملاحظات معروفة ، ولكنها منسية ، ووصف - بعد كابو Cabeo وغيريك Guericke - الدفوعات الكهربائية ، وراقب البريق « المتبعث » ضمن كرة مفرغة عندما يقرب منها كرة اخرى محكوكة . وكان هذا هو اكتشاف « الحث الكهربائي الثابت » ، لو ان هوكسي قد ادرك العلاقة السببية بين الكهرباء وهذه الومضات ، لولا ان صورة مسبقة عن التدفقات الخارجة من الكرة الاولى والتي تصدم الكرة الثانية، لم تحجب عنه الوقائع الفعلية .

I - غري Gray ودوفي Dufay

وسوف تتسارع وتيرة الاكتشافات في الكهرباء بعد عشرين سنة : اذ سوف يستنتج ستيفن غري (1670 ؟ - 1736) Stephen Gray ، في انكلترا ، وبصورة خاصة شارل فرنسوا دوفي Charles

Francois Dufay [دوفاي] (1698 - 1739) في فرنسا، من وقائع جديدة كشفها تجربة أكثر وعياً ، بعض المبادئ العامة التي تتيح وضع نوع من الترتيب في هذا العلم الذي ما يزال يتلثم، ثم التنبؤ بإبعاده المستقبلية الفخمة.

اكتشاف توصيل الكهرباء - ان نقطة انطلاق بحوث غري Gray حول توصيل الكهرباء من بعيد هي ملاحظة عرضية (شباط 1729) وهذه الملاحظة كان غيريك قد سبق إليها منذ 55 سنة وبوسائل أقوى، ولكنها نسيت تماماً ، وذلك جزئياً لأن واضعها قد اكتفى بالإشارة إليها دون أن يستخرج منها أية خلاصة .

بعد أن حككت أنبوباً كبيراً من الزجاج المغلق بفليتين ، ثم أمسكت ريشة طائر زغبية من طرفها الأعلى ، فلاحظت أنها تذهب نحو الفلينة ، مجدوبة مرة ثم مدفوعة من قبل الفلينة كما لو كانت من الأنبوب نفسه ، تعجبت واستنتجت أنه لا بد من أن يكون في السدة قوة جاذبة ، انتقلت إليها من الأنبوب المتأثر ..

وأجريت نفس التجربة ، فحصلت نفس النتيجة ، بواسطة كرة من العاج ربطت في بادئ الأمر بقضبان من الصنوبر ذات أطوال مختلفة أثبتت في الفلينة ثم أعيدت التجربة بربط كرة العاج بخيوط من معدن أو بخيوط صغيرة كان أطولها ، المتدلي عامودياً يبلغ 34 قدماً أي حوالي 10 أمتار .

وفي حزيران 1729 وبعد محاولات غير مثمرة ، حاول غيريك ، بمعاونة صديقه ج. وهلر G. Wheler أن ينقل أفقياً إلى البعيد قوة الجذب . فاقترح عليه وهلر أن يعلق الخيط الصغير بخيط من حرير ، ظاناً أن هذا يصلح أكثر نظراً لرفعه . ونجحت التجربة حتى مسافة 293 قدماً . وبعدها انقطع الخيط فاستبدله الفيزيائيان بخيوط رفيعة من الشبهان : فتوقف المفعول الكهربائي عن الانتقال . وفهم الرجلان أن النجاح غير مرتبط برفع الخيوط التعليقية بل بكونها من الحرير . .

هذا المفعول فسر قسليهما السابق :

« عندما كان الخيط الناقل للقوة الكهربائية مدعوماً بخيوط معدنية ، وعندما كان التيار يصل إلى خيوط التعليق ، كان ينتقل عبر هذه الخيوط المعدنية إلى الجسور ، فلا يذهب بعيداً في الخيط الذي يجب أن ينقله إلى كرة العاج . »

ورغم أن غري Gray لم يستعمل كلمة موصل أو عازل إلا أنه اكتشف توصيل الكهرباء . واكتشف أن بعض الأجسام لا تملك هذه الصفة . ومع ذلك فإنه لم يركز على فكرة السائل الكهربائي التي أشار إليها تحت اسم دق أي تيار : فقد استخدم بدون تفريق كلمات قدرة كهربائية وكلمة كهربائية وكلمة دق بمعنى واحد . ولم يضع نظرية : المهم بالنسبة إليه هو وصف الملاحظات باللغة الدارجة وتجدد الإشارة إلى أنه لم يفكر في إيجاد حاملات أو دعائم عازلة غير الحرير .

الكهربية بواسطة التأثير - وهناك اكتشاف آخر مهم لـ « غري » هو اكتشاف الشحنة الحائلة أو الكهربية بالتأثير.

ان القطعة من الرصاص المعلقة في السقف بواسطة خيط « عندما يكون هناك انبوب من زجاج محكوك، فيقرب من الخيط (من اسفله) دون مسه، فتجذب قطعة الرصاص ثم تدفع حتاتة الشبهان، وهكذا يمكن ان تنقل « الطاقة » الكهربائية دون مساس او تماس، من الانبوب الى خيط الاتصال ».

وبعد عدة سنوات طور دوفي Dufay هذه التجارب. ونشر نتائجها سنة 1733. وكانت هذه المذكرة وتالياتها عظيمة بأن واحد بوضوح الرؤية ولان مؤلفها كان الاول الذي ذكر اعمال سابقيه، وبخاصة اوتودي غيريك Otto de Guericke الذي اخرجته من النسيان.

وبعد ان ثبت من ان « كل الاجسام لا يمكن ان تصبح كهربائية بذاتها (عن طريق الحك)، بين انها جميعها تكتسب خاصية « الكهربية » الضخمة بتقريب الانبوب (الزجاج المحكوك)، والخشب، والمعادن، والمشروبات « شرط ان تعزل مسبقاً بوضعها فوق منضدة زجاجية او فوق شمع اسبانيا ».

ورغم ان دوفي هو قبل كل شيء، مثل غري، مجرب، رغم انه يتجنب عموماً البحوث النظرية ويعرف الكهرباء ببساطة على انها « خاصية تقوم على اجتذاب الاجسام الخفيفة »، فقد حاول اكثر من سابقه ان يستنتج من ملاحظاته مبادئ عامة.

وانهى مذكرته الثالثة سنة 1733 فكتب: « يكفينا الآن، ان عرفنا وقررنا بان الاجسام الاقل قابلية لان تصبح كهربائية بذاتها، هي الاجسام الاكثر طواعية للجذب، والتي تنقل الى البعيد وبشكل اقوى مادة الكهربية، في حين ان الاجسام الاكثر استعداداً لان تصبح كهربائية بذاتها فهي الاقل قابلية من الكل لاكتساب كهربائية خارجية ونقلها الى بعد ضخم ».

وانها لأول مرة يرتبط فيها التمييز الذي اجراه جيلبرت Gilbert بين « كهربائي بذاته » و« غير كهربائي » بنظام من الايصاليات المتزايدة. يلاحظ ايضاً التعبير: « تنقل... المادة الكهربائية »، انها صورة اوحث بها، كما لدى غري Gray، التجربة بالذات.

اكتشاف النوعين من الكهرباء - ان تاريخ اكتشاف دوفي « الكهربيتين » مفيد للغاية. فهو بفكره المنطقي استخلص من مناقشة كل التجارب المعروفة فرضية عمل:

« تخيلت ان الجسم الكهربائي ربما يجذب كل الاجسام التي ليست مثله ويبعد كل الاجسام التي اصبحت كهربائية بقربه وبتوصيل قدرة هذا الجسم ». ولكن عندئذ: « ان الشيء الذي اذهلني جداً هو التجربة التالية: « بعد ان رفعت ورقة ذهبية في الهواء بواسطة الانبوب (زجاج مكهرب ابعدتها بعد الجذب وجعلها تسبح في الهواء) قربت منها قطعة من صمغ الكوبال محكوك بحيث جعلت مكهربة، عندها التصقت بها الورقة الذهبية في الحال... واعترف اني كنت اتوقع نتيجة معاكسة، اذ، بحسب تحليلي، ان الكوبال الذي كان مكهرباً، كان يجب ان يدفع الورقة التي كانت مكهربة ايضاً. وحصلت نفس النتيجة مع العنبر والشمع الاسباني ».

ولكن فيما بعد « قربت من الورقة المطرودة من قبل الانبوب كرة من الكريستال الصخري المحكوك والمجول مكهرباً : فدفعت الكرة هذه الورقة وكذلك الانبوب . . . واخيراً لم يعد بإمكانه ان اشك ان الزجاج والكريستال الصخري ، لا يتصرفان بعكس الصمغ الكوبالي ، او العنبر او الشمع الاسباني ، بحيث ان الورقة المرفوضة ، من قبل الاولى بفعل الكهرباء الموجودة في الورقة ، اصبحت مجذوبة بالآخرات . وهذا حلني على الاعتقاد بوجود نوعين من الكهرباء مختلفين »

وبعد تجارب متعددة من الرقابة استنتج دوفي :

« واذن فهناك دوماً كهربتان من طبيعة مختلفة جداً : كهربية الاجسام الشفافة والجوامد مثل الزجاج والكريستال الخ . . . وكهربية الاجسام الصمغية والقارية مثل الصمغ الكوبالي والعنبر والشمع الاسباني ، الخ . وهذه الاجسام وتلك ترفض الاجسام التي تلقت كهربية من ذات طبيعة كهريتها ، وهي تجذب بالعكس الاجسام ذات الكهربية المختلفة الطبيعة عن كهريتها . . ان الاجسام التي ليست حالياً كهربية يمكنها ان تكتسب (ان كانت معزولة) كلاً من هاتين الكهريتين ، وعندها تبدو مفاعيلها مشابهة لمفاعيل الاجسام التي اعطتها هذه الكهربية . . . فهناك اذن كهربتان مبيتان . . . اسم الاولى الكهربية الصمغية ، والثانية الكهربية الزجاجية » .

وبعد ان رفض احتمالية وجود صنف ثالث من الكهرباء ، استنتج دوفي هذا الحكم (الرابع) :

« ماذا يمكننا ان لا نتوقع من حقل يمثل هذا الاتساع ، يفتتح امام الفيزياء . وكما هي [كثيرة] التجارب الفريدة التي قد تكشف الخصائص الجديدة للمادة ؟ » (تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم ، 1733) .

والمقتطفات السابقة تدل الى اي حد من الدقة طبق دوفي الطريقة العلمية : ووصف ملاحظاته واستخلص منها « مبادئ » . ولم يتكلم الا عابراً ، ودون كبير اهتمام ، عن المادة الكهربائية ونقلها . وكانت « نظرية السائلين الكهربائيين » تحت متناول يده ، وسرعان ما تجلت من بحوثه ولكنه لم يعلنها صراحة ابداً .

ولهذا تثار الدهشة قليلاً من رؤية فيزيائي يمثل هذا الوعي لقيمة الطريقة التجريبية ، يطور ، يتأثر من ديكارت - وهو عرضاً محق - نظرية اعصارية للجذب والدفع الكهربائيين ، وفيما بعد نظرية عن المغناطيسية .

اما مفاهيم الشحنة والحقل فلم تكن متميزة بوضوح . وسوف يوضح فرانكلين Franklin مفهوم الحث أو الشحنة ولكنه أسند أيضاً « الحقل » الى « جو معين » ، وكان لا بد من انتظار مجيء كافنديش Cavendish وكولومب Coulomb ، حتى يرى بناء نظرية نيوتنية متماسكة حول الكهرباء والمغناطيسية .

الابحاث اللاحقة - ومع ذلك ، وبموجب عمل نشر سنة 1731 ، صنع دوفي آلتين للقياس المغناطيسي « ماغومتر » مخصصتين لقياس القوى المغناطيسية ، واحدة ذات ميزان ، والثانية ذات لولب

حلزوني. وكانت النتائج الحاصلة مشوشة ، وقد اوضحت بمذكرتين سنة 1737 يذكر دوفي فيها : « ان ابرة دات خيط . . . تستعمل للتعريف ما اذا كانت قوة الكهرباء هي اكبر او اصغر . . . وشاهد الطرفان المتدليان بحرية . . . يبتعد احدهما عن الآخر ، بقوة متفاوتة وتشكل زاوية مختلفة الكبر . . . وهذا يظهر بشكل صحيح نوعاً ما درجة قوة الكهرباء » . ويعتبر تحمين « قلاب » جيلبرت سلف الموازين الكهربائية ذات كرات اليلسان ، أو ذات الأوراق الذهبية أو ذات الخيوط⁽¹⁾ .

وفيا بين 1734 وحتى موت غري سنة 1736 تبادل الفيزيائيان الانكليزي والفرنسي العديد من الرسائل . واهتما سوية بالشرارة الكهربائية .

عندها ذكر غري : « ان ابرة من المعدن اذا قربت من شيء مكهرب ، فان هذا الاخير يخسر كهرته على مهل ويصمت ، في حين انه بواسطة قضيب سميك يتم تفريغ الشحنة فجأة ، بشرارة » . و اضاف : « يوماً ما ربما يكثر على وسيلة لتجميع كميات اكبر من هذه النار الكهربائية التي بعد العديد من هذه التجارب - تبدو ذات طبيعة الصاعقة والبرق » .

التلاميذ . في انكلترا أكمل ج. ت. ديساغولييه J. th. Desaguliers عمل غري Gray . وقدمت أعماله (1739-1744) القليل من الوقائع الجديدة . انه هو الذي استحدثت كلمة « موصل » وكتابه الممتاز « دراسة في الفلسفة التجريبية » (ط 1 ، مجلدان ، 1734-1744) نجح ، وأحدث تأثيراً كبيراً على فرانكلين .

وفي فرنسا ، كان الأبائي نولييه Noillet ، تلميذ دوفي ، قبل كل شيء مُمَيَّن تجارب وداعية للعلم . ونظريته « نظرية المتتالية » التي نشرها سنة 1746 ، والتي جوبت بها افكار فرانكلين ، هي من نظريات المدرسة الديكارتية التي « لا تعلم شيئاً متميزاً او حتى متوقعا » (ج. باربو دويورج J. Barbeau ، 1773 ، Dubourg) .

II - الآلات الكهربائية وزجاجة « ليد » Leyde

وسوف تعمل التحسينات التقنية والملاحظة العارضة ، خلال بضعة سنوات ، ابتداء من 1745 ، على بعث عدد كبير من الاكتشافات المهمة .

استكمال الآلات الكهربائية - قام غري بتجاربه بواسطة انبوب زجاج محكوك ، ودوفي بواسطة قضبان من مواد متنوعة . اما الآلة الكهربائية ، آلة غيريك وهوكسبي ، البدائية نوعاً ما ، فقلما استعملت .

(1) ويعزى إلى دوفي أيضاً اكتشاف كبير في البصريات البلورية : « كل الحجارة الشفافة ذات الزوايا القائمة تعرض الإنكسار البسيط . اما التي ليست زواياها قائمة فهي مزدوجة الإنكسارية والإنكسار المزدوج يتعلق بانحناء الزوايا » . وهي علاقة أساسية بين تباين الخصائص والإنكسار المزدوج .

وفيما بين 1743 و1745 جعلت هذه الآلة ايسر استعمالاً واقوى، خاصة في ألمانيا (ج. م. بوز G.M.Bose و.. غوردون A.Gordon وج. وينكلر J.Winkler الخ). وبواسطة دولاب كبير من خشب، ومن جهاز توصيل شريطي، دُورَت بسرعة فائقة، كرة ضخمة او انبوب من زجاج. وكانت الكرة تمحك من اسفل بيد محرك واقف على الارض - وفيما بعد بواسطة مخدة Coussin من جلد. وتتخذ الكهرباء الحاصلة هكذا بواسطة شريط من الخيوط الرفيعة المعدنية تلامس اعلى الكرة. وكان هذا الشريط مربوطاً بماسورة بارودة معلقة بواسطة خيوط من حرير تستخدم كقطب وحيد للآلة.

واتاحت هذه الآلة اجراء تجارب سهلة رائعة وصاخبة، كررت في كل مكان، في الاكاديميات وفي الصالونات. لقد كانت الكهرباء من موضة العصر، وتكاثر الفيزيائيون الهواة.

اكتشاف زجاجة ليد Leyde - واصبح حاس الجمهور اكبر ايضاً بعد اكتشاف زجاجة ليد..

فقد سبق لغري ودوفي ان اشارا الى انه بالامكان، بواسطة التماس مع انبوب محكوك، كهربية ماء موضوع فوق مسند معزول. ومن جهة اخرى، كان تسرب الكهرباء البطيء يعزى عادة الى «تبخر المادة الكهربائية» فكان من الطبيعي انفاص هذه التبخير بحبس الماء ضمن قنينة.

ونمت التجربة عرضاً من قبل هاو: القس البوميراني ي. ج. فون كليست E.J.Von Kleist (ت¹ 1745) ومن قبل بيتر فان موشنيروك Pieter Van Musschenbroek استاذ الفيزياء في ليد (كانون الثاني 1746) الذي ربما استفاد من مساعدة احد مواطنيه واسمه كوناس Cunaeus.

وضع فون كليست Von Kleist في قنينة ماء غطس فيه مسماراً يمر عبر القنينة. وامسك هذه القنينة بيد، واسند المسمار الى انبوب البارودة، وهو قطب آتة الكهربائية، ثم ابعده، وبعد قربه من شيء غير معزول: فانفدحت شرارة قوية جداً. وعندما لامست الشيء يده الأخرى، احس بصدمة ذات عنف لم يسمع به.

ولما كان كل هذا قد حدث والقنينة بيده، فقد اعتقد، ان الجسم البشري له دور في الحدث. واعاد موشنيروك نفس التجارب بصورة مستقلة، ولكنه انجحها حين وضع القنينة على الطاولة، وعرف ان الامر يتعلق بظاهرة فيزيائية خالصة. فكتب في الحال الى ريومور Réaumur الذي اوصل الرسالة الى اكااديمية العلوم. وعلق نولي Nollet عليها في احدي مذكراته:

« هذه التجربة العجيبة اعطت الاثاق للكهرباء. فاصبحت بعد تلك اللحظة موضوع الحديث العام... وعمل كل الكهربائيين في اوربا على تكرارها وعلى دراسة ظروفها ».

الاكتشافات التجريبية الجديدة - بعد 1746 اشار ب. ويلسون B.Wilson بأن «تراكم المادة الكهربائية في القنينة هو دائماً متناسب مع رقة الزجاج ومساحة الاجسام غير الكهربائية (الموصلة) التماسه مع هذه السطوح الداخلية والخارجية ».

وفي سنة 1746 أيضاً خطر لـ ل. ج. مونييه L.G. Monnier أن يجمع أطراف مكثف بواسطة خيط معدني طويل. وراقب الظاهرات الكهربائية التي رافقت تفريغ الشحنة، وكانت اول تجربة قد اجريت على تيار كهربائي (مؤقت). وحاول ان يقيس سرعة الانتشار، وامكنه فقط ان يبين ان « سرعة المادة الكهربائية » عندما تجتاز خيطاً جديداً، هي على الأقل، ثلاثون مرة اكبر من سرعة الصوت». وهذه نتيجة تأكدت في انكلترا، بشجارب اوسع قام بها واطسون Watson والجمعية الملكية.

وقرر مونييه ايضاً (ضد تأكيدات بوز Bose) ان الكهرباء تنتشر في الاجسام من نفس الصنف سنداً لمساحتها. اكثر من جرمها .

النظريات المختلفة - اسند ديدرو Diderot ودالمير 'd'Alembert لـ مونييه Monnier كتابة مقال « الجسم المغناطيسي » و« الكهرباء » في الانسيكلوبيديا .

ونورد مقطعاً منها يظهر وضع الافكار في تلك الحقبة :

« إن مشاعر الفيزيائيين مقسومة حول سبب الكهرباء . وكلهم مع ذلك ، موافق على وجود مادة كهربائية مجتمعة نوعاً ما حول الأجسام المكهربة ، تحدث بحركاتها مفاعيل الكهرباء التي نشاهد . ولكن كل حركة تفسر ، بشكل مختلف الأسباب والاتجاهات لهذه الحركات المختلفة ولا كان كنه المادة الكهربائية ما يزال غير معروف ، فمن المستحيل تعريفها بغير صفاتها الرئيسية » .

وهكذا نرى ان الناس، في سنة 1745، كانوا يتكلمون عادة وبيدها عن مادة او عن مسائل كهربائي . وهذا المفهوم، كان كما قد فرض نفسه، بعد ان لوحظ انتشار «القدرة الكهربائية» عن بعد ولجئهم في زجاجة ليد Leyde .

وفضلاً عن ذلك ، لقد مضى زمن طويل، على تصور الفيزيائيين لنواقل لطيفة : اثير نيوتن Newton وهويجنس Huygens، والمادة النارية عند بورهاف (1732) Boerhaave، وهذه وذاك كانا يعتبران من بنية ذرية تعتبر مخلوقة هكذا، متميزة عن كل الاجسام الاخرى المخلوقة » .

والواقع كان من المفترض ان توحى المبادئ التي اكتشفها دوفي، باطروحة « للمائعين » الكهربائيين ، وهذه الفرضية بدت وكأنها « في الجو » بخلال القرن الثامن عشر، لان فرانكلين حاربها . الا ان دوفي نفسه كان مهتماً جداً بالاكشفاء بالوصف المجرد للوقائع ، كما كان معتاداً، بذات الوقت، على المفاهيم اليكانيكية لدى الديكارتيين، حتى ليصعب عليه اطلاقاً صياغتها بعبارات صريحة .

ومن جهة اخرى لقد تركت التجارب الكهربائية (والمغناطيسية)، النوعية دوماً والقليلة التنوع ، الأذهان في الإبهام . فكللمات : قدرة ومادة ، واعصار، ومائع ، وفضاء كانت تستعمل بذات المعنى تقريباً . والواقع، وكما تدل كلمة مونييه ، ان مفاهيم الشحنة والحقل الكهربائي - بلغتنا

المعاصرة - (ومفاهيم المغناطيس والحقل المغناطيسي) ظلت مختلطة في عدم الوضوح.

وكان اول تقدم رئيسي، يعزى الى فرانكلين، الذي ابتكر كلمة شحنة كهربائية، واعطاها صوراً واضحة؛ الا أنه استخدم أيضاً كلمة فضاء أو جو.

ومن جهة النظر النيوتنية، لم تصبح الافكار متميزة وواضحة الا بعد القياسات الكمية التي قام بها كولومب Coulomb. وفيما بعد أيضاً، وبعد امير Ampère وفراداي Faraday، نوقشت طويلاً « حقيقة » الشحنات الكهربائية والاقطاب المغناطيسية. ولم تسو المسألة الا من خلال نظرية لورنتز Lorentz بعد اكتشاف الالكترون والبروتون.

III - عمل بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin

اعمال واطسون Watson - كان لفرانكلين سابق هو وليم واطسون William Watson. وكان اهم فضل يعزى لهذا الاخير، انه بين ان « القوة الكهربائية ترسم دائماً دائرة او حلقة ». وقد لاحظ اولاً ان الشرارات الكهربائية تضعف جداً عندما يكون الفاعل الذي يسحبها من الآلة واقفاً على مصطبة تعزله عن الارض. وفكر عندئذ، بالحاجة الى سلسلة لا تنقطع من الاجسام غير الكهربائية لتجرب « النار الكهربائية » من الارض الى « انبوب البارودة ». وبين اخيراً مبدأ « الدورة الكاملة للمادة الكهربائية » بتجارب شديدة البراعة أجريت مع سلاسل من المراقبين المعزولين فوق قطع من الشمع، يسك بعضهم بعضاً باليد. واستنتج: « لقد حاولت ان اثبت عن طريق التجربة ان غير الكهربائي الاكثر قرباً يعطي كمية من الكهرباء تساوي الكمية المتجمعة في الاجسام المثارة... ان النار الكهربائية، الضائعة في رجل تموضها الارض في الحال ».

هذا المقطع قد يحمل على الظن ان واطسون كانت لديه فكرة غامضة نوعاً ما عن كمية الكهرباء وحفظها.

ولكنه من جهة ثانية اندفع وراء نظرية ميكانيكية معقدة.

وكانت هذه تتركز على فرضية « الاثير الكهربائي »، والفضاء الذي يحيط بالاجسام... المكهربة، فيمتد الى مسافة ضخمة. والاثير الكهربائي اكثر لطفاً من الهواء العادي... يجتاز بسرعة المعادن... ولا يجتاز الا على عمق معين الاصماغ... وهو يحرك الاجسام الخفيفة... ومطايطته تبرز في كونه ينتشر على مسافة ضخمة... ان تيار الاثير الكهربائي يحمل معه كل ما يصادفه من اجسام خفيفة ».

واخيراً ولتفسير الدفوعات وكذلك الجذب بدأ وكأنه ينحاز الى نظرية التدفقات المتسالية مع الفيزيائات التي قال بها نوليه. وكان لا بد من عجيء فكر جديد، عبقري بحق، يجهل كل شيء تقريباً عن النظريات السائدة، ليهاجم بكل راحة وحرية فكر، وبالتجربة فقط، موضوع الكهرباء، حتى

يكس كل هذه الفوضى الميكانيكية والميتافيزية الموروثة عن لوكرس Lucréce وعن ديكرت وخلفائها .

بنجامين فرانكلين : حفظ الكهرباء ، الأجسام المكهربة إيجاباً وسلباً - يعود تاريخ البحوث الأولى التجريبية التي قام بها بنجامين فرانكلين (1706 - 1790) إلى سنة 1747⁽¹⁾ . وكان اكتشافه الأول هو « المفول المدهش للأجسام الرفيعة التي تستطيع بأن معاً ايصال النار الكهربائية إلى الأجسام الأخرى وتسحبها منها » . (تجارب وملاحظات حول الكهرباء ، لندن 1750 . رسائل إلى كولنسون Collinson ، رسالة II (1747)) هذه الملاحظة كان قد سبق إليها غيريك ، ثم بشكل أكثر وضوحاً غري .

كان فرانكلين يجهل هذه الملاحظة . ومن المعلوم أنها قادته فيما بعد إلى اختراع الشاري . ولكن بعد هذه الفترة أوحى له - مع تجارب أخرى - « الرأي بأن النار الكهربائية لا تتولد بالحك بل تجمع وأنها في الحقيقة عنصر (مادة غير قابلة للتلف) منتشر بفضل فؤاد أخرى يجتذبها ، وبصورة خاصة الماء والمعادن » (نفس المصدر) .

وقد حقق فرانكلين هذه الفكرة بتجربة مدهشة في بساطتها ، ومعبرة نوعاً ما رغم كونها نوعية مثل كل التجارب الكهربائية في تلك الحقبة :

- 1- إذا وقف شخصان فوق الشمع أحدهما « أ » يحك أنبوب الزجاج والآخر « ب » يسحب منه النار ، هذان الشخصان إذا لم يتلامسا يبدوان وكأنهما مكهربان بالنسبة إلى ثالث « ج » واقف على الأرض ، أي أن هذا الثالث يستمد منها شرارات إن هو قرب أصبعه منها .
- 2- ولكن إذا تلامسا عندما يكون الأنبوب مشحوناً ، فإن أيّاً منها لا يتكهرب .
- 3- وإذا تلامسا بعد حك الأنبوب تولد بينهما شرارة أقوى من الشرارات التي يستمدّها الشخص الواقف على الأرض .

4- وبعد هذه الشرارة تزول الكهرباء عن كليهما (نفس المرجع الكتاب الثاني) .

هذه الوقائع تفسر حالاً ، إذا افترضنا أن « ب » مكهرب بشكل إيجابي و« أ » بشكل سلبي ؛ أو إذا كان « ب » مكهرباً زائداً و« أ » ناقصاً ، أي إذا كان « ب » يحمل كهرباء أكثر من حصته الطبيعية « في حين أن « أ » يحمل كهرباء أقل » . وهكذا يمكن تحويل النار الكهربائية كما أثبت ذلك و . واطسون W. Watson ، ويمكن أيضاً تجميعها في جسم ما أو سحبها منه « (نفس المرجع) . واختراع فرانكلين الذي لم يكن يعرف شيئاً عن الأعمال السابقة لغة خاصة به ، أصبحت كلاسيكية . ومع ذلك فقد استعمل التعبير الشائع « النار الكهربائية » : فقد كانت النار في القرن الثامن عشر النموذج المثالي للمواد اللطيفة .

(1) إن عمل فرانكلين Franklen بالكهرباء قد استعيد ، من وجهة نظر أخرى ، عبر الدراسة التي أجراها ي - ب كوهن I. B. Cohen - العلوم في أميركا الشمالية البريطانية (انظر الفصل 3 من القسم 4) .

وبعد ان تجمعت لديه هذه الافكار الاساسية طبقها على زجاجة ليدLeyde :

« في الوقت الذي يكون فيه الخيط وسدة القنينة (الكيان الداخلي) مكهربين إيجاباً أو زائداً يكون كعب القنينة (او الهيكل الخارجي) مكهرباً سلباً ، وبمقدار معادل تماماً ، اي انه : مهما كانت كمية الكهرباء المحمولة الى اعل ف هناك كمية معادلة تخرج من اسفل . . وهذه الطريقة المدهشة تمتازج الكميتان من الكهرباء الزائد والناقص وتتوازنان في هذه القنينة العجيبة » (نفس المرجع الكتاب 3 ، 1747) .

وهذه تجربة أصبحت كلاسيكية ثبتت هذه الأفكار بصورة مباشرة :

« ثبت خطأ في الرصاصة التي تسليح كعب القنينة (الذي يشكل الهيكل الخارجي) ، إحين الخيط نحو الاعلى بحيث تكون حلقتة النهائية على مستوى حلقة الخيط المار في السدة ، وعلى بعد 3 او 4 بوصات . كهرب القنينة ثم وضعها فوق الشمع . فاذا وضعت سدة معلقة بخيط من حرير بين هذين الخيطين فانها تتأرجح باستمرار من واحد الى واحد الى ان تفرغ القنينة من الكهرباء ؛ أي حتى تذهب بحثاً عن النار الكهربائية في الهيكل الداخلي لكي تنقله الى الهيكل الخارجي حتى يحصل التوازن » .

وهكذا تتضح قليلاً قليلاً نظرية السائل الوحيد التي صاغها فرانكلين Franklin بصورة كاملة سنة 1750 ، تحت عنوان « اراء وافتراضات تتعلق بخصائص ومفاعيل المادة الكهربائية » .

1- تقوم المادة الكهربائية وتتألف من جزيئات لطيفة الى اقصى حد لانها تستطيع التسرب الى المادة العادية حتى الاجسام الاكثر وزناً ، وبسهولة بالغة وحرية ، فلا تقف بوجهها اية مقاومة متظورة . . .

3- الشيء الذي يفرق المادة الكهربائية عن المادة العادية ، هو ان جزيئات هذه المادة الاخيرة تتجاذب فيما بينها ، اما جزيئات المادة الكهربائية فتتافر . . .

4- ولكن ، رغم ان جزيئات المادة الكهربائية تتنافر ، فهي مشدودة ومنجذبة بكل مادة أخرى . . .

6- وعلى هذا فالمادة العادية هي نوع من الاسفنج بالنسبة الى السائل الكهربائي . والاسفنج لا يستطيع ان تمتص الماء اذا لم تكن الجزيئات المائية اصغر من مسام الاسفنجية ، والامتصاص لا يتم الا ببطء اذا لم يكن هناك تجاذب متبادل بين هذه الجزيئات وجزيئات الاسفنجية . . . ويتم الامتصاص بسرعة اكبر اذا كان هناك بدلاً من الجذب ، بين هذه الجزيئات المائية دفع متبادل ، يعمل بالتعاون مع جذب الإسفنجية . وهذا ما يحصل بين المادة الكهربائية والمادة العادية .

7- ولكن المادة تتضمن عموماً مقدراً من المادة الكهربائية بقدر استيعابها . فاذا اضعنا اليها اكثر فان هذه المادة الكهربائية تطفو على السطح وتشكل ما نسميه بالفضاء المغناطيسي : وعندها يكون الجسم مكهرباً » .

9- نحن نعلم ان السائل موجود في المادة العادية لاننا نستطيع امتصاصه الى الخارج بواسطة الكرة (الالة) او بواسطة الأنبوب . . .

15- ان شكل الفضاء هو مثل شكل الجسم المحاط . ويصبح هذا الفضاء مرئياً في الهواء الهادئ بواسطة دخان الصمغ . . . المنجذب والمتشتر ايضاً في كل الجهات مغطياً الجسم وساتراً له . . .

وتأتي بعد ذلك نظرية قوة المستنات او الابر الرفيعة ، والمعتمدة على تصور للفضاءات الكهربائية ، ويضيف فرانكلين Franklin .

18- هذا التفسير بدا لي مقنعاً تماماً عندما اتاني عفواً وحام في فكري . . . ولكنني الآن اشعر ببعض الشك . . .

19- ولكن ليس من المهم بالنسبة البنا معرفة كيفية مراقبة الطبيعة لقوانينها : ويكفي ان نعرف هذه القوانين بالذات . والشيء المفيد بالنسبة البنا ان نعرف ان قطعة البورسلين اذا تركت بدون سند في الفضاء ، فانها تسقط وتتطم . ولكن معرفة كيفية وقوعها ولماذا تنكسر فهو بحث تأملي فلسفي . وفي هذا للذة لنا ، ولكن بدونها نعرف كيف نحمي البورسلين .

واللهجة الموضوعية ، والواقعية تقريباً في هذا المقطع الاخير تتعارض بشكل غريب مع وجهات النظر المصبوغة وما تزال بالميتافيزياء ، خلافاً للكثيرين من معاصري فرانكلين . « والاراء والافتراضات التي سبقت ، وحيث تنضج تماماً نظرية المائع الوحيد ، تتجاوز لحسن الحظ هذه الفلسفة الواقعية . الا انه لم يكن من غير المفيد دعمها لحظة وحتى المفارقة ، وذلك من اجل مقاومة تجاوز اخر معاكس وشديد الخطورة .

ان كل الوقائع تقريباً التي كانت معروفة في زمن فرانكلين تفسر بشكل نوعي بواسطة نظريته . ونحن نستطيع ان نرى فيها نوعاً من الرسيمه او التصميم لنظرية الالكترونات ، وهي جزيئات كهربائية اصغر من الذرات التي تبدو المادة العادية بالنسبة اليها نوعاً من الاسفنجية . ولكن للأسف : « هناك تجربة تثير عجبنا ، ولا نجد لها تفسيراً مقنعاً . . . فالاجسام التي تقل كهربتها عن الكمية العادية (اي المشحونة سلباً) تتدافع فيما بينها كما تتدافع الاجسام المثقلة اكثر من اللازم بالكهرباء » (نفس المرجع الكتاب 4 ، 1748) .

والجهود التي بذلها فرانكلين فيما بعد لكي يفسر هذه الواقعة ، والتي ارتكزت على فرضية الاجزاء الكهربائية ، لم تكن ناجحة . وظل الامر حتى سنة 1759 حين اطلق ايبينوس Aepinus الفرضية القائلة بان خلايا المادة العادية المحرومة من الكهرباء المرتبطة عادة بها ، تتدافع تماماً كما تتدافع جسيمات المادة الكهربائية .

وهكذا تتخذ نظرية المائع الوحيد شكلها المكتمل . ولكن هذه النظرية قلما تختلف عن نظرية

المائعين ، التي سوف يطورها ر. سيمر R.Symmer في نفس السنة (1759). والمناقشات اللاحقة بين انصار هذين السائلين سوف تبدو عقيمة - كما شعر بذلك تماماً رجال من امثال كولومب Coulomb ونظراً للتناظر بين خصائص المادة الكهربائية وخصائص المادة العادية ، في النظرية التي اكملها اينوس Aepinus ، فمن الواجب الوصول بشكل طبيعي الى الافتراض ان هذه المادة العادية هي مادة كهربائية معكوسة من الاولى ، وان النظرية الكهربائية للمادة قد سبق واكتشفت منذ قرن مضى . ولكن الافكار لم تكن ناضجة بعد ومعرفتها اي معرفة هذه الافكار بالظواهرات الكهربائية كانت مجزأة للغاية .

هذه المعرفة المجزأة والسطحية ، تفسر خطأ الاشارة الذي وقع فيه فرانكلين عندما قال بان المادة الكهربائية المتحركة تختلط وتشبه بالكهرباء الزجاجية ، عند دوفي Dufay ، والتي نسميها ايضاً كهرباء ايجابية . فقد ظن فرانكلين ، وهو يراقب تفريغ الشحنات بجذات الاجسام الرفيعة ، وكذلك وهو يراقب ظاهرة الهواء الكهربائي ، فظن انه يرى المائع يسيل من الإبر المشحونة ايجابياً . نحن نعلم اليوم ان المظاهر كانت خداعة ، وان الشحنات الكهربائية المتحركة ، وهي اصغر بالنسبة الى خلايا المادة العادية ، تشكل الالكترونات السلبية .

وهناك شيء آخر ايضاً يصدمنا في نظرية فرانكلين : ذلك انه يخلط في مفهوم كهربائي واحد . المادة كهربائية والجو الكهربائي الذي يحيط بالاجسام المشحونة ، اي في الاماس ، حقل قوتها . وكان هذا الالتباس معتاداً في منتصف القرن الثامن عشر : اذ نجده عند واطسون وعند الاباتي نوليه . وقد عملت بحوث اينوس وكولومب ، ثم التسرب النهائي لأفكار نيوتن في الكهرباء ، على التخليل تماماً عن فكرة الاجواء الكهربائية . ولكن هذه الفكرة ظهرت من جديد عند فراداي Faraday ، انما معدلة تماماً وواضحة جداً ، ومرتبطة مباشرة بالتجربة ، ومتحررة من كل فرضية مادية .

الشاري (باراتونير) - بني مجد فرانكلين لدى الجمهور ، بشكل خاص على بحوثه حول الصاعقة وعلى اختراعه للشاري . في سنة 1749 اشار الى التماثل الكامل بين البرق والشرارة الكهربائية وتساءل حول خاصية اجتذابها بالمسلات الرفيعة ، هل ينطبق ايضاً على البرق ؟ .

وفي الحال اجري تجربة : نَصَبَ مسلة حديدية رفيعة فوق برج عالٍ ووصلها بشريط ينزل نحو الارض . واستطاع رجل واقف فوق مقعد من شمع ان يلتقط شرارات كهربائية عند مرور غيمة مكهربة .

واجريت التجربة في ايار 1752 من قبل فرنسوا داليار Fr. Dalibard ، في مارلي . وكانت توقعات فرانكلين قد ثبتت كلها . وفي تشرين الاول اعاد فرانكلين التجربة بواسطة طائرة ورقية . ان الكهرباء لم تعد يومئذ مجرد فضول اكاديمي او فضول صالونات . إنها قوة طبيعية يمكن التوصل الى ضبطها . واختراع الشاري سوف يحمي البيوت والكنائس والسفن من صدمة الصاعقة . . . وذلك بسحب الكهرباء من الغيوم بصمت قبل ان تقترب لكي تضرب .

معاصرو فرانكلين وخلفاؤه - كانت نظرية ظاهرات التأثير الكهربائي كامنة في نظرية فرانكلين

Franklin حول زجاجة ليد. اننا لن نركز على تجارب ج. كانتون J.Canton (1753) الذي استخدم موازين الكهرباء ذات الكرات القلينية ، وهو تحسين لميزان الكهرباء ذي الخطوط الذي صنعه دوفي، ولن نركز أيضاً على موازين فرانكلين Franklin بالذات .

والتحليل الدقيق لهذه المقاميل يعود بصورة خاصة الى فرانز ايبينوس Franz u.th. AEpinus وإلى تلميذه ج. س. ويلكي J.C.Wilcke 1759 اللذين توصلا الى تفسير هذه المقاميل بصورة كاملة ، بالجذب والدفع ، والتحرك الكهربائي ، داخل الموصلات ، دون ادخال الاجواء المكونة من انبثاقات خارجة من أجسام مكهربة. وهذه النظرية هي بصورة اساسية نيوتنية رغم انها نوعية كيفية .

ونقطة الانطلاق في بحوث ايبينوس كانت اكتشافاً تجريبياً مهماً هو اكتشاف « بيرو كهرباء » : اذا احييت إبرة بلورية من التورمالين، تصبح هذه الابرة مكهربة ، ايجاباً في طرف وسلباً في الاخر. والقطبان الكهربائيان في هذه الابرة يشبهان تماماً قطبي المغناطيس . وحملته هذه الملاحظة الى تطوير نظرية المغناطيسات، وإلى المغنطة بالتأثير، المأخوذة من نظريته في الكهرباء : ان السائل المغناطيسي الوحيد يتحرك في الاجسام القابلة للمغنطة ؛ وخلاياه تتدافع فيما بينها ، وتنجذب بالمادة .

وهذه المادة تمتلك اذاً ، بشكل تراكمي خصائص جذب السائل الكهربائي والسائل المغناطيسي، كما انها تتدافع فيما بينها . وبعد ان تشيع هذه المادة بالسائلين الكهربائي والمغناطيسي، لا تعود تتأثر الا بالجاذبية الكونية .

هذه التعقيدات⁽¹⁾ حلت بعض المفكرين على تفضيل فرضية السائلين الكهربائيين ، وهي فرضية اوحث بها تجارب دوفي ور. سيمر R.Symmer اقترحها سنة 1759، ولكن البراهين التي قدمها، دعماً لم تكن ذات قيمة .

وكان السويدي ت. برغمان T.Bergman الذي بدا وكأنه قد طورها باكثر ما يكون من الدقة سنة 1765، بقانون مزدوج حفظي : فالسائلان موجودان سلفاً بكميات متساوية في كل جسم . وبحالة جود؛ واقترب جسم مكهرب جاذب لاحدهما يدفع بالآخر ويفصلهما ومن هنا تنتج ظاهرات التأثير .

وسوف نتكلم قريباً عن جوزيف برستلي Joseph Priestley الذي كانت اكتشافاته في كيمياء الغازات رئيسية والذي كان في الكهرباء خلفاً وتلميذاً مباشراً لفرانكلين .

IV - قياس القوى الكهربائية والمغناطيسية وقانون فعلها

في سنة 1749 اخترع ج. ب. روا J.B.le Roy وب. ارسي P. d'Arcy اول آلة تتيح قياس

(1) والتي كان ايبينوس واعياً لها تماماً . ولكنه بعد أن بين عدم نضمها التناقض ، طبقها كما هي ، على الأقل كفرضيات عمل .

القوى الكهربائية ، وهو ميزان الكهزباء وميزان كثافة السوائل : وهو عوامة فوق قضيب من معدن غاطس في الماء وفوقه عينة تقرب من العينة عينة أخرى متصلة بآلة كهربائية . وتحدث مفاعيل التأثير جذباً فيغطس ميزان الكثافة . ويعد به الى وضعه الاول باوزان تعطي مقياس قوة الجذب . وفي سنة 1760 استخدم دانيال برنولي هذه الآلة ليدرس كيفية تغيير المفاعيل الكهربائية تبعاً للمسافة بين العيتين . ويدور أن مقياسه قد حققت قانون المربع العكسي للمسافات . وهذا تقريباً ما كان يجب أن تعطيه هذه التجارب ، ولكن الظاهرة المدروسة كانت معقدة ولم يكن الامكان فهمها الا فيما بعد . ولهذا لا يمكن اعتبار النتائج التي حصل عليها دانيال برنولي ولم تعتبر كمقنعة .

ما قدمه برستلي Priestley - ان الكتاب الكلاسيكي الذي قدمه برستلي ، وهو « الكهرباء تازيخها وحاضرها ، مع تجارب اصيلة » ظهر سنة 1767 وطبع عدة طبعات وترجمات (اول طبعة فرنسية سنة 1771 بقلم م. ج. بريسون M.J.Brisson) .

وكانت مساهمته الاصلية في علم الكهرباء مزدوجة . بالدرجة الاولى نجد فيه المقاييس الاولى - التقريبية جداً - للتوصيالات المتعلقة بمختلف المواد . ولكن هناك شيء اهم : لقد لاحظ برستلي ، بعد فرانكلين ان كرات الفلين لم تكن تتأثر بالكهرباء على الاطلاق ، الكهرباء الصادرة عن كأس معدني حبست فيه هذه الكرات . ويقول آخر ان الحقل المغناطيسي معدوم داخل مجوف معدني . واستنتج : « لا يمكن ان نستخلص من هذه التجربة ان جذب الكهرباء خاضع لنفس القوانين التي هي قوانين الجذب ، وان الجاذبية الكهربائية بالتالي خاضعة لمربع المسافات ، اذ قد بين انه ، اذا كان للارض شكل القوقعة ، فالجسم الذي يكون في داخلها لا يجذب من جهة أكثر من جهة أخرى ؟

وهنا يطرح برستلي سؤالاً فقط . فقد شعر تماماً ان بيانه ليس كاملاً . وقاعدة نيوتن لا تصلح الا للمجوفات الكروية . وقد عاد كافنديش Cavendish الى هذه التجربة بدقة شديدة امّا بواسطة تجويف كروي .

جون ميشال John Michell - حتى الآن لم نشر الى العمل المهم الذي وضعه جون ميشال ، الذي صدر سنة 1750 ، في كتابه : « حول المغناطيس الاصطناعي » والذي سجل فيه اول تقدم مهم في القرن الثامن عشر - قبل نظرية اينوس Aepinus - حول علم المغناطيس . وكان ميشال مثل فرانكلين ومثل اينوس نيوتنياً خالصاً . وقد اكد ان كل قطب في مغناطيس يجذب او يدفع تماماً وبمسافات متساوية في كل الجهات ، وان الجذب او الدفع ينقصان تبعاً لزيادة مربع المسافة بالنسبة الى القطبين المتساويين . ولكن التجارب التي اراد بها اثبات هذا القانون بقيت قليلة الوضوح وقليلة الاقناع .

عمل كافنديش Cavendish - عرف فرانكلين الشحنة الكهربائية او كمية الكهرباء ولكنه لا هو ولا خلفاؤه لم يكونوا قادرين على قياس هذه الشحنة . وباستثناء بعض المحاولات التي سبقت الاشارة اليها ظلت كل التجارب وكل التفسيرات النظرية نوعية . والانتقال من النوعي الى الكمي

يعود الفضل فيه الى كافنديش والى كولومب. لم ينشر هنري كافنديش (1731 - 1810) الارسلاتين ، في سنة 1771 و1776، في « المقالات الفلسفية » واولى هذه المذكرات الغنية بمادتها الجديدة ، كانت مقدمة لاعماله الاخرى. ولكنه بعد ان اصبح متشابهاً، ترك هذه الاعمال الاخيرة مدفونة في اوراقه. وعثر عليها ماكسويل Maxwell ونشرها سنة 1879. وهذه هي النقاط الاساسية في مذكرته الاولى (1771): 1- انطلق كافنديش من نظرية اينومس ، واعتبر القوانين المختلفة الممكنة والمتعلقة بالتفاعلات الكهربائية ذات امس معاكس لمكثف n للمسافة. وبين ان هذا المكثف يجب ان يكون اقل من 3. ثم افترض مثل برستلي Priestley $2=n$ واستخرج النتائج الرياضية من هذه الفرضية: مفعول معدوم داخل كرة مجوفة ، توزيع سطحي للكهرباء في حالات خاصة مختلفة: كرة ، سطح ، سطوحان متوازيان ، تأثير.

2- في كل هذه النظرية تدخلت فكرة درجة التكهرب في موصل سماه فيما بعد « ضاغط الكهرباء » والذي لم يكن الا الزخم الكهربائي⁽¹⁾. ان الجسمين المختلفي الشكل والموصلين يخط موصل لا يحملان نفس الشحنة ولكنهما مكهربان بنفس الدرجة. والمفهومان الاساسيان في الكهرباء الثبوتية ، وهما الشحنة والزخم اصبحا معرفين بدقة.

ولم يكن لاعمال كافنديش اللاحقة ، نتيجة بقائها مجهولة طيلة مئة سنة ، لم يكن لها أي تأثير في تاريخ الفيزياء. وهي تتناول بصورة اساسية نقاطاً أربع.

1- التحديد التجريبي للقانون (1772 - 1773) $(1/r^2)$: في كل نقطة داخل كرة موصلة مجوفة ومكهربة تكون المفاعيل الكهربائية معدومة. واثبات هذه القاعدة اتاح اثبات ان قانون المفاعيل الكهربائية هو قانون نيوتن ، لان اي قانون آخر لا يفي فيها بالغرض.

2- تعريف طاقة الموصل. ان شحنات موصلين مكهربين بنفس الدرجة تتناسب مع طاقة هذين الموصلين. وهذه الطاقة يمكن ان تقارن ، بمقياس مباشر ، وذلك بازالة الشحنة بصورة تدريجية عن الموصلين بواسطة جسم صغير ، للتجربة.

3- وطاقت الموصلين المسطحين المتشابهين اللذين الطبقة العازلة في الاول منها مكونة من الهواء وفي الثاني مكونة من الشمع او من الزجاج ، هذه الطاقات ليست هي ذاتها ، هذه الواقعة التي لن يعثر عليها الا فراداي Faraday أدت الى تعريف والى قياس الثوابت الكهربائية المضاعفة.

4- المقارنة الدقيقة بين الايصاليات الكهربائية لمختلف الاجسام - وهذا ما يقتضي استشعاراً مسبقاً لقانون اوهم Ohm : « الحديد يوصل حوالي 400 مليون مرة افضل من ماء المطر ، اي ان الكهرباء لا تلاقي مقاومة في اجتياز خيط من حديد طوله 400 مليون بوصة كما تلاقي مقاومة من عامود

(1) لقد سبق لـ « دوفي » Dufay أن حدد درجة قوة الكهرباء ، وقاسها بتباعد خيطين في مقياسه الكهربائي . ولكنه وقف عند هذا الحد .

ماء من نفس القطر طوله فقط بوصة واحدة . وماء البحر . . . يوصل مئة مرة افضل ، والمحلول المشبع بالملح يوصل حوالي 720 مرة من ماء المطر .

ولا فستطيع هنا الاحلاج على هذه التجارب البارة جداً ، نشر فقط الى ان مفاهيم الشحنة والزخم بعد تحديدهما تماماً كان لا بد ان توصل في النهاية ، وضمن حالة الجمود الى مفهوم القدرة ، وفي حالة الديناميك لا بد ان توصل الى مفاهيم الزخم « سرعة التيار » ، والمقاومة .

شارل إغوستين كولومب Charles – Augustin Coulomb نظرية المغناطيسية ، القوانين الاساسية في المغناطيسية وفي الكهرباء المستقرة - قبل دراسة عمل كولومب تذكر بشأنه حكماً عليه . من قبل ماكسويل : « يلاحظ ان اية تجربة من تجارب كولومب Coulomb لا تطابق اية تجربة من تجارب كافنديش : وطريقة كولومب هي خاصة به بكاملها . ولكن فضلاً عن ذلك ان فكرة الطاقة في الموصل ، كموضوع بحث تعزى تماماً الى كافنديش ، ولا يمكن ان نجد مثيلاً لها في عمل كولومب » .

كان شارل اوغستين كولومب (1736 – 1806) رجلاً كلاسيكياً في العلم . وهو مثل كافنديش ، يمتلك امتلاكاً كاملاً الطرق الايجابية التي جهد خلفاء نيوتن في تطبيقها . وهو لم ينحرف عنها ابداً . والكثير من رسائله عنوانه بحوث نظرية وعملية حول . . . كان بأن واحد مجرباً بارعاً ومنظراً عميقاً ، رغم ان الاداة الرياضية في اعماله كانت بسيطة للغاية . ومذكراته تتبع دائماً نظاماً لا يتغير : مقدمة نظرية مبنية على المعارف السابقة ، فرضيات عمل ، وصف للمعدات والاجهزة ، تجارب ، نتائج عملية ، وعواقبها النظرية ، تجارب جديدة مستوحاة من وقائع جديدة مكتسبة وهكذا دواليك حتى الاستخلاصات النهائية والتطبيقات العملية .

وفي اعماله الاولى كضابط في سلاح الهندسة ، وضع أسس نظرية مقاومة المواد المستعملة (1773)، ثم ، فيما بعد (1779) ، أعلن عن مبادئ الآلات البسيطة وعن قوانين الاحتكاك .

وفي سنة 1777 جذبت مسابقة اكاديمية انتباهه نحو المغناطيسية فوضع بشأنها مذكرة وبحوثاً حول «أفضل وسيلة لصناعة الابر المغناطيسية » . ولم تتضمن هذه المذكرة وصفات عملية ، بل دراسة عميقة للظواهر ، فقد أسس أولاً على تجارب قديمة قام بها موشنبروك Musschenbroek وعلى تجاربه الخاصة ، مبدئين أساسيين يمكن تلخيصهما باللغة العصرية كما يلي :

الحقل المغناطيسي الارضي واحد موحد في مكان معين ، ومفعوله على مغناطيس يقتصر على مزدوج نسبي مع جيب (سينوس) الزاوية التي يحدتها المغناطيس مع توجه التوازي . من هذه المبادئ (مزدوج ، لا - قوة) ينتج «لاحق عام» يؤكد على ضرورة نظرية نيوتونية للمفاعيل المغناطيسية :

« ان اتجاه ابرة مغناطيسية لا يمكن ان يتعلق بسيل من السائل . . . انه ينتج عن التجربة [التي مفادها انه] ليست الاعاصير هي التي تحدث الظواهر المختلفة التي تمثنت وانها ، لشرحها وتفسيرها ،

يتوجب بالضرورة اللجوء الى قوى جذابة ودفاعية من طبيعة القوى التي يتوجب استخدامها لتفسير جاذبية الاجسام والفيزياء السماوية .

وانطلق كولومب من هذه المبادئ ، فوضع معادلة حركة ابرة مغناطيسية في حقل ارضي ، وادمجها في التاراجحات الصغرى ، وبين كيف يمكن استنتاج « توقيت القوة المغنطة » من مدة هذه التاراجحات ، وكيف يمكن مقارنة اللحظات المغناطيسية لمختلف المغناطيسيات ، فيما بينها .

وعندها قام بسلسلة من التدابير حول تاراجحات المغناطيسيات المعلقة بخيوط رفيعة . واصابه الحرج فسامل ، هل مطاطية جدل الخيوط تشوه نتائجها . وبواسطة تجارب جديدة ، ازال هذا الازعاج وذلك بوضع قوانين الجدّل مع خطأ صغير فيها .

نشير اخيراً الى انه (أي كولومب) ، وهو يحاول صنع ابر جيدة للبوصله - عرف ما نسميه اليوم الحقل المجرد من المغناطيسية ، وأوجد قواعد تتيح التخفيف منه .

وفي سنة 1784 ، عاد كولومب الى ابحاثه حول جدّل الخيوط ، وصحح خطأه لسنة 1777 ، وقدم نظرية صحيحة - وبسيطة للغاية - عن القانون الذي اكتشفه .

وفي 1785 ظهرت اولى مذكراته الاساسية حول الكهرباء : بناء واستخدام ميزان كهربائي . . .

وميزانه معروف ومشهور ، فهو يتيح قياس القوة الى حد واحد على الف من الدين (= واحد على مليون من غرام وزن) ، وهذه الحساسية زادت فيما بعد . ولن نصف تجاربه الكلاسيكية حول الدفع الكهربائي ، أول تبين دقيق - بعد تبين كافنديش غير المنشور - لقانون كولومب .

وهناك مذكرة اخرى ، في سنة 1785 ، وسعت القانون ليشمل الجاذبيات : تجارب دقيقة حول الميزان ، لان حملات الكهرباء ذات الاشارات المتناقضة ، تميل الى التماس فيما بينها وتنفذ شحنتها .

وهناك طريقة اخرى ، أبسط ، مرتكزة على قياس المدة مدة ارجحة ابرة عازلة تحمل في طرف من اطرافها جسماً صغيراً مكهرباً يتحرك ضمن حقل كرة مثقلة بالكهرباء ذات اشارة معاكسة .

وفي نفس المذكرة توجد التجارب حول قانون المفاعيل المغناطيسية ، تجارب مجردة ايضاً بواسطة طريقتين ، الاولى ثبوتية (ستاتيكا) والثانية متحركة او (ديناميكية) مع كل التصحيحات التي يقتضيها تعقيد الظاهرات .

وفي عمل ثالث لسنة 1785 ، اهتم كولومب بمفعول مزعج : تشتت اوضاع الكهرباء .

وهناك ثلاث مذكرات (1786 , 1787 , 1788) مخصصة لمسائل توزيع الكهرباء على الموصلات .

في المذكرة الاولى بين كولومب ، بالتجربة ان « المسائل الكهربائي ، لا ينتشر في اي جسم بفعل الألفة . الكيميائية . . . بل انه يتوزع بين مختلف الاجسام المتماسية فيما بينها ، فقط بواسطة مفعوله

الدافع». ثم بعدها «يتوصل الى حالة الاستقرار، فينتشر فوق سطح الاجسام ولا يتسرب الى الداخل».

ومن اجل اقرار هذا المبدأ اخترع «خطه الفحص» المعروفة وجعلها نظرية. وبين أيضاً بواسطة التحليل الرياضي البسيط، فرضية كان يعرفها كافنديش :

« ان المائع المحبوس في جسم، حيث يستطيع التحرك بحرية، ان تحرك بالدفع، من كل اقسامه التمهيدية، ويقوة اكبر من عكس المكعب... فيجب ان يظهر (أي المائع) على سطح الجسم، ولا يجب ابداً أن يبقى في داخله».

والمذكرتان لسنة 1787 ولسنة 1788 تقدّمان الحل التقريبي لمختلف مسائل توزيع الكهرباء على انظمة الموصلات. ولا يمكننا الا ان نشير الى دقة قياسات «الزخم الكهربائي» بواسطة «خطه الفحص»، والتحكم بالحسابات النظرية المرتكزة فقط على قانون الجذب والدفع وعلى فرضية حركية الشحنات ضمن الموصلات.

وهكذا وضعت اساس الكهرباء المستقرة (الكتروستاتيك) التجريبية والرياضية. ولم يكن امام خلفاء كولومب ومنها بواسون Poisson ولورد كلفن Lord Kelvin الا اتباع النهج الذي رسم.

نركز فقط على نقطة: ان قانون كولومب يحدد تماماً «الكتلة الكهربائية (الجرم الكهربائي) أي الشحنة في الجسم. ويتيح ميزان كولومب قياس هذه الشحنة، وبواسطة خطه التجربة، ايضا زخمها عند نقطة معينة. هذه المقادير ادخلت في الفيزياء بواسطة فرانكلين، انما بشكل نصف كمي. وكان كافنديش قد قاسها بقيمة نسبية بواسطة طرق غير مباشرة. وهذه المقادير مرتبطة من حيث قيمتها الحسابية بالمقياس الميكانيكية الاساسية، ويمكن أن تخضع للحساب.

ما هي طبيعة هذه الشحنة؟ لقد وُجِدَ كولومب، ككل معاصريه، امام نظريتين: نظرية السائل الوحيد، سائل فرانكلين وآيينوس، ونظرية السائلين التي قال بها سيمر Symmer وبرغمان Bergman. وكان موقفه متسماً بالخذر.

هذا ما ورد في مذكرته لسنة 1788: «لما كان هذان التفسيران ليس فيهما إلا درجة من الاحتمالية الكبيرة إلى حد ما، انبه إلى اني، في حال افتراض وجود سائلين كهربائيين، لم انو إلا أن أقدم - مع أدنى ما يمكن من العناصر - نتائج الحساب والتجربة وليس الإشارة إلى الاسباب الحقيقية للكهرباء».

وفي مكان آخر يقول: «ان افتراض م. آيينوس M.AEpinus (السائل الوحيد) يعطي، فيما يتعلق بالحساب، نفس نتائج فرضية السائلين. واني افضل فرضية السائلين، التي سبق واقترحها العديد من الفيزيائيين، اذ من التناقض - كما يبدو لي - القول، بأن واحد، بوجود قوة جاذبة في الجسم الواحد، تعادل عكس مربع المسافات، قوة مثبتة بالجاذبية الكونية، وبوجود قوة دفع تعادل نفس القوة المعاكسة لمربع المسافات».

وعاد كولومب في اعماله الاخيرة (1789 - 1801) الى دراسة المغناطيسية . وحاول في بادئ الامر في نظرية آينوس او نظرية السائلين المتعادلين ، ان يحسب « توزيع السائل المغناطيسي ، ضمن ابرة من فولاذ اسطوانية » .

فهو قد اضطر ، من اجل هذا ، الى اضافة « قوة ضاغطة تمنع السائل من السيالان من قسم من الابرة الى قسم آخر ، قوة يمكن ان نقارنها بالحك » الى الجذب والدفع . وما تزال فكرة وكلمة « قوة ضاغطة » صالحتين حتى اليوم .

واخيراً ان تجارب المغناطيسيات المكسورة حملته على اقتراح نظرية الخلوية في المغناطيسية : « اعتقد انه بالامكان التوفيق بين نتيجة التجارب ، وبين الحساب ، وذلك بادخال بعض التعديلات على الفرضيات ، وذلك مثلاً بافتراض - في نظام آينوس - ان السائل المغناطيسي موجود في كل خلية . . . وانه يمكن ان ينتقل فيه من طرف الى طرف ، مما يعطي لكل خلية قطبين ، ولكن هذا السائل لا يستطيع ان ينتقل من خلية الى خلية .

وهكذا تمحدر بوضوح - رغم ان الكلمات المناسبة غير موجودة في مذكرته - مفهوم « المغنطة » او « الاستقطاب المغناطيسي » .

وهكذا اجتزنا مع فرانكلين ، وبصورة خاصة مع كافنديش وكولومب ، في مجال الكهرباء والمغناطيسية ، عتبة العلم الحديث . وهذا التطور متأخر ، بمدة قرن - عن تطور الميكانيك السماوي ، وعن ميكانيك الاجسام الصلبة والسوائل ، وعن قسم من البصريات . وهذا التأخر يفسر بالجدلة ثم بصعوبة التجارب . ان نيوتن لم يكتشف شيئاً جديداً لا في المغناطيسية ولا في الكهرباء .

ويعزى هذا التأخير أيضاً الى ترسخ الصور الميكانيكية الموروثة عن الأقدمين ، انها صور نوعية ، وهي كما اثبت ذلك كولومب صور خاطئة بشكل بين .

وفي القرن الثامن عشر اعتاد الفيزيائيون ان يستخدموا في كل المجالات « المفاعيل من بعيد » وفهموا ان المفاعيل التماسية بين الاجسام الصلبة ، التي هي اكثر الفة بالنسبة البنا ، ليست ، في عمقها ، مفهومة بصورة اكثر مباشرة وآنية . وهذا ما دل عليه النص التالي من موشنبروك - Musschen- (1739) Brock .

« ورد اعتراض على نظام الجذب انه لا يمكن تصور تأثير جسمين احدهما على الاخر دون تماس متبادل بينهما . اني اوافق على هذا ايضاً ، ولكني اعترف بدوري اني لا اعرف على الاطلاق اية فكرة عن المفعول المتبادل لاي جسم مهما كان . بالفعل ، يستحيل على الفكر البشري تصور ماهية فعل جسمين محمول احدهما تجاه الاخر ويتلامسان : لا توجد اية فكرة عن القوة التي تحركهما ، ولا تفهم كيفية انتقال هذه القوة من احدهما الى الاخر ، ولا كيفية حصول هذه القوة ، واخيراً كيف يمكن ان تتوقف هذه القوة عن العمل . ان في هذا سرأ فوق طاقة فهمنا » .

وإذا فقد نشأت الكهرباء الستاتية والمغناطيسية الستاتية قبل 1789، والقرن اللاحق لم يبق امامه الا استكمال الطرق التجريبية والحسابات النظرية .

وفيا بين 1791 و1800 اعتبر اكتشاف البطارية الكهربائية ، والكهرباء الديناميكية ، من قبل غالفاني Galvani وفولتا Volta ، حدثاً جديداً غير متوقع ، وثورة ، وتوقف عن استمرار تاريخ العلم الذي لم تتطور نتائجه الا بعد اكتشاف التحليل الكهربائي (الكتروليز) ثم الكهرباء المغناطيسية .

ولهذا يبدو لنا انه من الافضل ربط هذا التاريخ بتاريخ القرن التاسع عشر الذي سوف نعالجه في المجلد الثالث، القسم الاول من هذا المؤلف .

الفصل الخامس :

نشأة الكيمياء الحديثة

I - كيمياء الغازات

1 - تقدم المعارف العامة

كان الاكتشاف الاهم في الفترة الممتدة من 1650 الى 1750 تقريباً ، هو اكتشاف وجود اجسام غازية متنوعة في الهواء الفضائي . وهذا الاكتشاف ادى الى قيام لافوازييه Lavoisier باعماله الكبيرة والى اصلاح كل النظام الكيميائي ورغم انه كان يكفي زعزعة الكيمياء التقليدية فان هذا الاكتشاف ربما لم يكن يقدم الاساس الكافي لبناء النظام الجديد لو لم يكن هناك تقدم في المعرفة بالنسبة الى بقية الاجسام ، ويدات الوقت .

مهنة الكيميائي - حصل هذا التقدم على اثر المراقبات الصبورة التي قام بها كيميائيو القرن 17 وبداية القرن 18 . لقد كانت ممارسة الكيمياء ما تزال يومئذ مهنة صعبة ، وفي اغلب الاحيان محترقة . وكان العمل في المختبر ، وصيانة النار في الافران ثم عمليات الطحن والغسل الخ . متعبة ووسخة . وكانت حروق اليدين والوجوه والثياب بالنار او بالمستحضرات الحارقة ، ثم الانتقال المتتالي من الحار الى البارد ، كل ذلك كان موضوع شكاوى الكيميائيين المتكررة حتى مطلع القرن 19 . ويعبر الكتاب عن مرارتهم انهم تعرضوا لسخيرة اولئك الذين لم يفهموا الغاية من جهودهم . الا ان عدد الكيميائيين لم ينفك يتزايد بسبب الارياح المرتفعة غالباً والتي كان من الممكن تحصيلها في هذه المهنة .

فضلاً عن ذلك اصبح نشر نتائج الاعمال اكثر سهولة واكثر نشاطاً في اواخر القرن الـ 17 . وقد ساعدت هذه الظروف على تكاثر الاكتشافات .

واغلب هذه الاكتشافات تناولت المركبات العادية جداً ، والمستعملة منذ زمن بعيد ، الا ان تركيبها الصحيح كان ما يزال غامضاً نوعاً ما . واخذت المواد القلوية تكتشف وكذلك المواد القلوية الترابية . وهناك معادن أخرى وأشياء معادن قد اكتشفت والعديد من الأملاح المعدنية درست بصورة أفضل .

معرفة المركبات القلوية والقلوية الترابية - هناك ملحان قلويا - لعبا دوراً كبيراً منذ مطلع القرن السابع عشر : سلفات الصودا وكلوريد البوتاس . وقد اشتهر غلووير Glaubert الاول تحت اسم الملح المدهش او الملح بوليكرست Polycreste . ووصف وسيلة لاعداده ، وفي سنة 1732 حدد كلود جوزيف جيفروا Claude Joseph Geoffroy تركيبه . كما ان الفوائد الهضمية في كلوريد البوتاس او

ملح سلفيوس ، كانت مقدرة جداً أيضاً ، ولكن لم يكن بالامكان اكتشاف الفرق في التركيب الذي كان يميزه عن الملح العادي . وكان تحضير املاح البوتاس في حالة جيدة من النقاوة قد استكمل في القرن 17 من قبل غلازر Glaser ومن قبل تاكينوس Tachenius . وكانت معروفة باسم املاح التارترة Tartre . وكان التارترات المزدوج من الصودا والبوتاس قد أعد لأول مرة ، سنة 1672 ، من قبل سينييت Seignette فأخذ اسمه . ونشر اسلوب التحضير سنة 1731 ، بأن واحد من قبل م. ج. جيوفروا C.J. Geoffroy ومن قبل بولدوك Boulduc .

وحضر اساس الملح البحري ، وهو الصودا ، لأول مرة سنة 1736 من قبل دوهاميل Duhamel الذي فكك الزاج او النيتر المقابل بواسطة الفحم . وبعد هذه الاعمال ، برز التمييز بين الصودا والبوتاس من قبل برانندت Brandt سنة 1746 ، ثم اوضحه مارغراف Margraff الذي ميز بين املاحهما بفضل الحبيبات واللون الاصفر او الاحمر اللبي يأخذه هب كل منهما . وسمى مارغراف الصودا بالقلوي الثابت شبه المعدني والبوتاس ، القلوي الثابت النباتي .

وتوضحت طبيعة الكلس بتمهل اكبر . فقد اختلفت كثيراً الافكار حول تركيبه . فقد كان على العموم يصنف بين الاملاح . واكتشف تركيب الجبس سنة 1747 ، من قبل ماكر Macquer ، الذي تعرف على وجود الاسيد سلفوريك المتحد مع الكلس ، وتأكد ذلك سنة 1750 على يد مارغراف . وعملت بحوث بلاك Black حول تثبيت الغاز كاربونيك (ثاني اوكسيد الكربون) ، وتكون كربونات الكلس على اشاعة الفكرة منذ 1755 ، بان الكلس هو تربة قلوية .

وبذات الوقت ، عرفت طبيعة المغنيسيا . وقد مضى أقل من نصف قرن على اشاعة الصيادلة استعمال هذه البودرة المسماة المغنيسيا البيضاء ، معارضة المغنيسيا السوداء أو تربة الزجاجين (أوكسيد المانغيز) المعروف منذ زمن بعيد . ويبدو أن المغنيسيا البيضاء قد حضرت أول الأمر في إيطاليا . وعرض الكيميائي الألماني فردريك هوفمان Friedrich سنة 1722 ، طريقة استخراجه من بعض المياه المعدنية . وتخصص بلاك في دراسة كاربونات المغنيسيا لكي يحسم نقاشاً طويلاً . فعرف ماهية المغنيسيا واكتشف الغاز كاربونيك .

في تلك الحقبة ، كان قد بدى بمعرفة وجود مركبات الباريوم ، تحت مظهر « السبات الوزان » الذي كان يعتبر بمثابة سلفات الكالسيوم . وبين مارغراف ان تحليله لا يعطي الكلس ، بل ترسباً مختلفاً . في هذه الاثناء لم تعرف ماهية الباريت تماماً الا من قبل الكيميائيين من جيل شيلي Scheele .

ان التربة القلوية والقلويات الترابية ظلت لمدة طويلة تعتبر كأجسام بسيطة . وافر لافوازيه الشك حول هذا الموضوع .

اكتشاف معادن جديدة - بخلال القرن 18 اغتنى كتالوغ المعادن بشكل مهم . كان الزنك معروفاً ومستخدماً منذ اقدم العصور باسم اللتون الذي كان يحضر بمزج الفحم بالكدميا او بالحجر

الكاليني المغشى بالنحاس . وكان الزنك معروفا بالحالة المعدنية الصافية ، انما باسم الفضة الكاذبة ، وهذا يدل على مقدار البلبلة التي كانت تحيط بطبيعته . ان كلمة زنك قد استعملها سابقاً باراسلس Paracelse ، ولكنها لم تستعمل بصورة شائعة الا في حوالي 1720 ، وعزف تحضيره بالتفكيك على الساخن ، للحجر الكاليني ثم استخلاص المعدن منه ، في اوروبا حوالي تلك الحقبة . وذكرت عدة اساليب من قبل المعدّن السويدي سواب (1742) Swab ، والكيميائي الالماني مارغراف (1746) الخ . وكان الزنك المستعمل في اوروبا حتى ذلك الحين يأتي بصورة رئيسية من الهند . واكتشفت طبيعة البلند Blende من قبل السويدي فونك Funck . اما صنع الزنك بشكل صناعي ، فلم يحصل في اوروبا الا في اواخر سنوات القرن الثامن عشر .

وقد ازيل الاجهام والغموض حول طبيعة البزموت في مذكرات هلوت (1737) Hellot وبوت Pott (1739) وجيوفروا Geoffroy الصغير 1753 . وأتاحت مذكرة جيوفروا Geoffroy تحديد خصائصه بدقة .

واكتشف الكوبالت والنيكل بخلال نفس الحقبة . والحقيقة ان مركباتها كانت تستعمل ايضاً منذ زمن بعيد ، وقد حولت الى حالة معدنية في حقبة بعيدة جداً . دون ان يستطيع تحديد ماهية المعدن .

وعزل الكوبالت سنة 1742 من قبل برندت Brandt الذي اعطاه اسم شبه المعدن الذي استخلصه منه . واكتشف النيكل من قبل كيميائيين سويديين ، عبر تربة معدنية حمراء ، « الكنفريكل » . ويعود الفضل في الدراسات الاساسية حول هذا الموضوع الى الكيميائي كرونستد Cronstedt (1751) و(1754) ، الذي وصف الخصائص الكيميائية والفيزيائية « للرينول » (أو النيكل المعدني) وعرف خصائصه المغناطيسية ، ولكنه عزاها الى وجود كمية صغيرة من الحديد . واستكملت معرفة النيكل بدراسات برغمان Bergman .

وأثار اكتشاف معدن جليل حماس الكيميائيين من منتصف القرن 18 ذلك هو البلاتين . وقد عرفت منه بعض العينات في اوروبا حوالي 1740 . وكان بعضها مجلوبة من جامايكا ، على يد برونرغ Brownrigg الذي قدمها الى الجمعية الملكية سنة 1750 . اما العينات الاخرى فجلبت من البيرو من قبل الرياضي الاسباني انتونيو فيلوا Antonio de Viloa . ونشرت اولى مذكرة حول البلاتين من قبل المحرّب الانكليزي ، شارل وودد Charles Woodd سنة 1746 . وفي سنة 1758 ، اصدر وليم لويس William Lewis عملاً مهماً حول المعدن الجديد كان يسمى يومئذ البلاتين ، او الذهب الابيض أو المعدن الثامن . وبخلال هذه السنوات اهتم الكيميائيون في كل البلدان بالبلاتين ومن بينهم مارغراف ، وماكر ، ويومي ، وبرغمان . واستعمل لافوازيه المحرق Chalumeau الايدروجيني لأول مرة ، وبواسطته استطاع تبين التركيب الصحيح للماء ، لتذويب البلاتين سنة 1783 . وبحوالي اواخر القرن استعمل البلاتين كفكرة مرايا التلسكوب ، ثم لمعايير النظام المتري .

وبجمل المعارف في الكيمياء المعدنية استكمل بدراسات عدة حول الاملاح المعدنية . وهكذا عرف تركيب سulfates الحديد من قبل جيوفروا الكبير سنة 1728 ، اما تركيب الالونات Aluns فقد

عرف بسلسلة من الاعمال امتدت حتى شملت كامل القرن 18 تقريباً ، ومعظمها يعود الفضل فيه . عموماً الى جيوفروا ، وبوت ومارغراف ، وفيما بعد فوكلين . وفيما يتعلق باملاح الحديد ، تمكن الإشارة ايضاً الى اكتشاف ازرق بروسيا الحاصل في برلين على يد ديسباش Diesbach سنة 1710 ، على اثر سلسلة من الاحداث العارضة . واحتفظ بسر صناعة هذا الملون الذي عرف في الحال نجاحاً مدهشاً . حتى سنة 1724 . ونشرت عدة طرق في انكلترا ابتداء من هذا التاريخ ، ثم بين ماكر Macquer سنة 1752 ان التلوين يعزى الى تكون مركب حديدي ضمن وسط قلوي ، مع مادة مجهولة ، هو الآسيد برومي الذي اكتشفه شيلي Scheele سنة 1783 .

وتجب الإشارة في اواخر القرن السابع عشر ، الى ظهور تحضير الاوكسيد الاحمر الزئبقي ، في الوصفات الكيميائية ، وذلك بواسطة تكليس المعدن . وهي عملية سوف تلعب فيما بعد دوراً كبيراً في تاريخ الكيمياء . فقد كانوا من قبل لا يعرفون كيف يحضرون الاوكسيد الحاصل من جراء تفكيك او ترسيب نترات الزئبق . وقد أشار بغيين Béguin الى الاسلوب عن طريق التنشيف ولكن غلازر Glaser لم يكن يعرف هذا الاسلوب على ما يبدو . ووصفه بويل Boyle وعرف ان الاوكسيد قابل للتفكيك بالحرارة . وتكلم اتمولر Ettmuller عن « الترسيب العجيب للزئبق بذاته » . وسمي هذا الاوكسيد « المترسب بذاته » .

الآسيد بوريك والفسفور - واثارت حادثان اخريان سلاسل طويلة من البحوث . وكان الاول ، سنة 1702 ، اكتشاف الآسيد بوريك من قبل هومبرغ Homberg الذي سماه الملح المخدر واستخرج الكيميائي الالماني هذا الآسيد الجديد من البوراكس الذي كان يستعمل منذ زمن بعيد ولكن تركيبه لم يكن بعد قد عرف . وقام على التوالي : لويس ليمري Louis Lémery ، وجيوفروا البكر ، وبوت ، وبارون Baron ، ببحوث حول هذا الجسم . وفي حوالي آخر القرن ، اكتشف الوجود الغزير للآسيد بوريك في مياه بعض البحيرات ، وتأمين انتاجه بسهولة .

وأثار اكتشاف الفوسفور الفضول مثل ما فعل البلاتين . واكتشافه يعود الى سنة 1669 ، وهي السنة التي نجح فيها طبيب من هامبورغ Hambourg ، براند Brand ، في اعداد مادة غامضة تلعم في الظلام ، ومن هنا اسم الفوسفور الذي اطلق عليها ، وذلك بواسطة اسلوب مجهول . ونجح الالماني ج . كونكل J.Kunkel بعد عدة اسابيع في الحصول عليها وذلك بتكليس رسوب البول المتبخر . وعثر هومبرغ وبزيل ، كل من جهته ، على الطريقة ، وتلفت الاسماء المحضرة هكذا ، في البداية اسماء متنوعة : فوسفور كونكل ، وفوسفور انكلترا . وظل الفوسفور عجيبة تختبر مدة طويلة ، إلى ان اذاع شيلي أسلوب سحبه من العظام . وكان حرق الفوسفور احد اوائل اهتمامات ودراسة لافوازيه .

2 - إكتشاف الغازات

الى جانب هذه الاعمال ، التي عملت بصورة تدريجية على تغيير كاتالوغ المركبات الكيميائية ، اشتهرت هذه الحقبة الحصة جداً بصورة خاصة باكتشاف الاجسام الغازية . ومن اجل العصور على

اصلها تجب العودة الى منتصف القرن السابع عشر ، بل والى ابعد . وبالفعل ان مسألة مشاركة الهواء في مفاعيل الاحتراق وفي التنفس ، والذي اطلق مبعث هذه الاكتشافات ، قد بحثت بصورة خاصة من قبل الكيميائيين من جيل بويل ، ولكن كان قد مضى تقريباً حوالي قرن ونصف قرن قبل ان يشبه بوجود الظاهرة الاساسية .

تزايد اوزان المعادن المتكلسة - كان من المعروف منذ زمن بعيد ان الرصاص والقصدير يزداد وزنها عندما يتكلسان في الهواء الطلق . والواقعة المذكورة في كتابات غالين Galien وذكرها العديد من مؤلفي القرون الوسطى . وفي القرن 16 بدأ الحديث عنها يتكاثر . وحاول سكاليجر Scaliger وكاردان ، Cardan وفاكس Fuchs ، وليافيوس Libavius ، وسيزالينو Cesalpino اعطاءها تفسيراً يركز على وزن جزئيات النار المتعلقة بالمعدن . وقدم بيرنغوشيو Biringuccio سنة 1540 ، تفسيراً مختلفاً ، حين اعتبر ان النار تطرد الاقسام الاخف من المعدن الذي يصبح بالتالي اكثر وزناً مثل جسم الحيوان الميت الذي ذهب منه الروح التي كانت تحمله طيلة حياته . والى ان تم العثور على الحل الصحيح ، دارت كل التفسيرات المقدمة حول هذين المذهبين .

ونشر الطبيب البريغوردي ، جان ري Jean Rey ، حول هذه المسألة ، سنة 1630 « تجارب » جرى الكلام حولها خلال فترة من الزمن ، ولكنها سرعان ما سقطت في النسيان . وتقوم اطروحة جان ري على ان زيادة الوزن تنأت عن قسم كثيف من الهواء يعلق على المعدن . وقد جعلت هذه الاقسام اقل لان الهواء تحت تأثير النار ، فقد عناصره الاخف . وبشكل آخر ، ان تفسيره يتصل بتفسير بيرنغوشيو . ولم يقدم ري ملاحظات خاصة . بل استمد استنتاجاته من التحليلات الديالكتيكية . وهكذا نرى كم هو غير صحيح الزعم الرامي الى جعله طليعة لافوازيه ، وهو تأكيد موجود في كل الكتابات منذ القرن 18 حتى ايامنا .

وفي نفس الحقبة تقع اعمال فان هلمونت Helmont الذي جرى الكلام عنها في فصل سابق . فكلمة « غاز » في نظره لا تمثل سائلاً هوائى الشكل بقدر ما تمثل « روحاً » بالمعنى التقليدي للكلمة ، والذي يتجلى بمفاعيل فيزيائية وفيزيولوجية . ولاحظ فان هلمونت انه (اي الغاز) يظهر في اشتعال الفحم ، وفي انفجار البارود وفي التخمر ، وفي حرق بعض الاملاح بالاسيد . وعزا اليه الاحتراق في براميل الخمر وفي المغاور . وربما كان فان هلمونت الاول الذي اشار الى انه لو وضعنا شمعداناً تحت جرس مقلوب فوق وعاء ماء وبعد انطفاء اللهب فان حجم الهواء المحبوس يتدن .

ولفت اختراع المضخة الهوائية من قبل اوتوغيريك Otto de Guericke الانتباه الى خصائص الهواء ، وفتح تياراً واسعاً من الاعمال سوف يؤدي الى نتائج مهمة جداً في الفيزياء والكيمياء ، وبصورة خاصة الى اكتشاف الغازات . اذ ساعد استعمال المضخة الماصة للهواء ان ينفذ تقنية استخدامها .

نظريات بويل Boyle ، وهوك Hooke ، ومايو Mayow - زيادة على القانون الفيزيائي

للغازات عرّفت أعمال العالم الانكليزي الكبير بالوسيلة التي تمكن من جمع الغازات في وعاء مملوء بالماء ومقلوب . وجمع بويل الغاز الذي يتصاعد من حرق الحديد بالاسيد سيلفوريك المميع ، ولكنه لم يكشف هوية الهيدروجين . وبواسطة المضخة الهوائية استطاع تحديد تأثير الهواء في الاحتراق ، حين لاحظ ان ندرة الهواء تطفىء النار ، وان عوداً من الخشب في حالة الانطفاء يستعيد اللهب عندما يدخل الهواء الجديد الى الوعاء . واجرى نفس الملاحظة في تنفس الطيور والفار . وهكذا تعرف الى قسم من الهواء فقط يمتص بالاشتعال او بالتنفس ، واستنتج من ذلك وجود شيء ما في الهواء يغذي في آن واحد التنفس والاحتراق او النار والحياة . وبعده عبر روبر هوك Robert Hooke ، وجون مايو John Mayow ، عن نفس الفكرة مطلقين على هذا المبدأ اسم « نيتز الهواء » وكان بويل اقل حظاً في تجاربه حول تكلس المعادن في اناء مغفل . وقد اجري تجاربه بمهارة كبيرة وبناية اكبر ، فوزن المادة قبل وبعد التكلس ، وتحقق بالتجربة بدون معدن ان وزن الوعاء لم يتغير اثناء العملية . ولكنه لم يفكر في وزن الوعاء المختوم الذي يتضمن المعدن قبل تكلسه وبعده . فلم يستطع التعرف ان وزن المجموع لم يتغير وان زيادة المعدن المتكلس تتعلق فقط بامتصاص هذا المعدن المتكلس لقسم من الهواء المحبوس في الوعاء . وهكذا اقترب من الاكتشاف الذي سوف يجريه لافوازيه بعد قرن من الزمن . واكتفى بويل بتفسير صيغ قبله بفترة طويلة : ان زيادة وزن المعدن المتكلس تعود الى تعلق جزيئات من النار التي تحترق الغشاء الخارجي للاناء .

واعملت نظرية هوك ، التي صيغت بذات الوقت ، النيتز الهوائي ، او بصورة ادق مادة «شبيهة ان لم تكن هي نفسها» شبيهة بالمادة التي تعلق بملح البارود» كمدوب لكل الاحتراقات، وتقترب نظرية مايو من نظرية بويل ، ولكن مايو اكثر دقة ووضوحاً وأكثر جزماً . إذ قال في تفسير التنفس بواسطة هذه المادة (او هذا المبدأ) المخلوطة بالهواء ، انها يمتصها الدم الذي يفضلها يتحول من دم وريدي الى دم شرياني . وفي ما خص التكلس والاحتراق ، تطلع ايضاً الى تفاعل حقيقي بين جزيئات النيتز الهوائي والانتيموان (الذي كان موضوع تجريبته) او اللهب ، فاذا حرم الهواء من هذه الجزيئات لم يعد فيه قوة الحرق .

استخدام الغازات : مايو Mayow وهال Hales - كان مايو الكيميائي الاكثر دقة حول هذا الموضوع ، وضمن حالة الافكار العامة في زمنه حول المادة ، بدا الاكثر وضوح رؤية . وقد كان له ايضاً الفضل في انشاء تقنية حقيقية حول استعمال الغازات ، مستخدماً طاسة الماء والانابيب المحنية لنقل الغازات من وعاء الى وعاء ، كما أوجد واستكمل الوسائل المختلفة لحرق المواد او لبعث التفاعلات في انابيب التجربة المقلوبة .

وقضى مايو Mayow شاباً وسقط كتاباه بسرعة في النسيان . واستدعت هذه المسائل التي شغلت بشكل خاص الكيميائيين الانكليز ، الاهتمام القليل لدى خلفائهم . ولم تناقش النظريات التي صيغت . انها لم تكن تحوز على الاطلاق رضى اي احد ، ولكن فضلاً عن ذلك ، كانت صعبة الخروج من هذا المأزق شي الكيميائيين وتبسط همتهم . الا ان اساليب مايو لم تنس تماماً ولم تضيع . فقد

بقي لنا منها مثلاً كتاب صغير نشر سنة 1719 من قبل فيزيائي غير مشهور هو مواترل ديليمون Moitre d'Element وفيه يصف الاستعمالات المشابهة . وستيفن هال (1677 - 1761) هو الذي عرف حقاً بالاجهزة وبالطرق الكفيلة لجمع الغازات .

واجرى هال تجارب عديدة حول تنفس 'نباتات وحول التخمرات وحول كل التفاعلات الكيميائية التي تصاعد غازاً . وارسل ملاحظاته الى الجمعية الملكية . ونشر مجمل اعماله سنة 1727 تحت عنوان « فيجيتابل ستاتيك » . ونجح كتابه نجاحاً كبيراً . وترجم الى الفرنسية من قبل بوفون Buffon سنة 1735 وقرأه كل علماء القرن الـ 18 . وعلم فيه اساليب التعامل مع الغازات . وسنداً لاوصاف تجاربه ، من المؤكد ان هال قد حضر واستحصل على كل الغازات تقريباً التي كانت معروفة بخلال الخمسين سنة التي تلت . الا انه لم يحدد ماهية اي منها او يصفه . وتوقف تقريباً عند النظرية التقليدية التي تقول بان الغازات المجمعة في ظروف مختلفة ليست الا هواءً افسدته مواد متنوعة . واذا كان قد عرف بان الهواء يلعب دوراً في التنفس فان التفسير الذي يقدمه عن الظاهرات ، هو اقل تقدماً من تفسيرات الانكليز من الجيل السابق . وقد افترض ان الهواء يفقد مرونته ويصبح غير صالح لتنفس الرئتين .

هل اعاق السائل الناري اكتشاف الغازات ؟ - ظل الكيميائيون لمدة طويلة غير قادرين على تفسير الظاهرات التي يلاحظونها تفسيراً معقولاً . وقد عُرِز في الغالب الى نظرية السائل الناري هذا النوع من العقم امام مسائل الغازات . والحقيقة ان شيئاً من هذا لم يكن . لا شك ان نظرية ستاهل Stahl قد بلورت وقتت ضمن صيغة حديثة مجملأ من المفاهيم التقليدية ، وساعدت على استمرار حالة ذهنية لم تساهم هي في انشائها . ولكن ، حتى ولو لم يكن للسائل الناري اي نجاح ، كان له في السابق ، فان المفاهيم التقليدية لم تصب بأي نظام آخر بديل كما اصبحت به . وكانت سيادة السائل الناري قد طالت دون ان يعارضها اي نظام آخر .

وقد انهارت مملكة السائل الناري منذ ان استطاع لافوازيه فتح باب المناقشة لصالح نظريته الخاصة . واذا كان الصراع عنيفاً فهو لم يطل : 10 سنوات فقط . والتأثير السيء للسائل الناري على تقدم الكيمياء ليس الا خرافة . فهذه النظرية بصورة خاصة لم تؤثر على الاطلاق اكتشاف الغازات ، اكتشافاً تم على يد القائلين بالسائل الناري المقتنعين .

الهواء الثابت - لم تكن مسألة دور الهواء في الاحتراق او في التنفس هي التي ادت الى النتائج الاولى الايجابية ، في هذا المجال ، بل مسألة تكون غاز الكربون وتثبيتته . لقد تطورت دراسة المياح الطبيعية طيلة النصف الاول من القرن الثامن عشر . وقد استطاع فينيل Venel الذي نشر عدة مذكرات حول هذا الموضوع ، ان يحصل على الغاز الكربوني دون ان يعرفه . ويعزى هذا الاكتشاف الى الكيميائي الاسكتلندي جوزف بلاك Joseph Black . وقد أضفى بلاك على الكربونات القلوية ملاحظاته التي اجراها حوالي 1755 على كربونات المنغيز والكلس وحدد الظروف التي ينشأ فيها الغاز الكربوني : مفعول النار ، ومفعول الاسيدات . وعرف ان هذا الغاز مستوعب بالمحلولات

القلوية ، وانه يرسب ماء الكلس ، ويحرره من قوته الحارقة . وبسبب اساليب تحضيره ، سمي هذا الغاز بالهواء الثابت⁽¹⁾ .

وتفوق بلاك على سابقيه بدقة وصحة ملاحظاته ثم بتأكيدِه ان الهواء الثابت هو جسم يختلف عن الهواء الفضائي . وقلب هذا المفهوم الافكار المستقرة . ورغم رفض العناصر الارسطية منذ قرنين ، فقد ظلت تحتل مكانة ممتازة في عقول الكيميائيين . ولم تعد تعتبر تقريباً كمبادئ مكونة للمادة ؛ والنار لم تعد تحتفظ الا بصفة جسمانية غير معترف بها . واذا كانت الارض قد فقدت واحدتها ، فان الامر لم يكن كذلك بالنسبة الى الهواء والماء . وقامت المناقشات الحامية حول نظرية بلاك . لقد درس الكيميائي الايطالي « دي سالوس » de Saluces غازات بارود المدافع قبل ان يعلن بلاك عن اعماله بقليل . وبعد عدة سنوات اعترف الاسكتلندي ماكبريد Macbride أن الهواء المتصاعد أثناء التخمرات هو هواء ثابت⁽¹⁾ .

وناقضت نظرية ملائمة للتصورات التقليدية نظرية بلاك ، وكان القائم بهذا صيدلي من أوسنا برك Osna Brück ، فردريك مير Friedrick Meyer ، الذي أوجد لهذه الغاية كائناً جديداً ، قريباً من (الفلوجيستيك) أو السائل الناري هو « الأسيدي البني » . هذا الأسيدي ، الذي تمتصه كاربونات الكلس أثناء تكلسها ، يحولها إلى كلس حي . فإذا انفصل (الأسيدي) عن الكلس ، تسبب بتحويله إلى كاربونات . ونشرت نظرية مير سنة 1764 ، فحارها أستاذ من فيينا ، جاكين Jacquin . وإن هي وجدت من يدافع عنها ، وخاصة في ألمانيا ، فإنها لم تكن إلا ذريعة نقاش استعمالها الخصوم المتزمتون للهواءات .

الهواء القابل للاشتعال : في حين كان هذا النقاش يتتالي ، عرف هنري كافنديش Henry Cavendish الهيدروجين سنة 1765 . والهيدروجين ، كما هو حال الغاز الكاربوني ، قد سبق وحُضر كثيراً .

وكان من المعروف بشكل خاص أن حرق الحديد بالاسيد الكبريتي ، المجمع يتسبب في تشكيل هواء . وافرّ كافنديش بوضوح خاصيته الاحتراقية والانفجارية عندما يمتزج بالهواء الفضائي ، وسماه بالهواء القابل للاحتراق . وحدد ذوبانيته ، كما عمل ، بنخلال السنوات اللاحقة ، على تحديد الثقل النوعي وذوبانية الغاز الكاربوني . وكان هذا الاكتشاف الجديد سبباً في مناقشات أخرى ؛ فقد كانت هناك عدة هواءات قابلة للاشتعال معروفة : منها التي تتصاعد من تقطير النباتات ، ثم الهواء الذي يتصاعد من صب الأسيدي الكلوريدري على الزنك . ومع ذلك ظلّ هناك نوع من الالتباس والغموض يسود ، ولمدة ، موضوعها .

(1) إن كلمة غاز التي استعمالها فان هلمونت Van Helmont لم تشع في الإستعمال . وكل الغازات التي اكتشفت بعد بلاك ، سميت أولاً « الهواءات » . وماكر هو الذي أشاع استعمال كلمة غاز بالمعنى الحديث في قاموسه الكيميائي المنشور سنة 1766 .

وحقق كافنديش أيضاً تقدماً كبيراً ، بالتحكم بالغازات عن طريق ادخال طاسة الزئبق التي أُناحت للكيميائيين أن يحصلوا على الغازات القابلة للذوبان في الماء والتي ظلت لفترة تقوعم .

اكتشافات برستلي Priestley : لقد استيقظ فضول جوزف برستلي (1733-1804) نحو الكيمياء في ذلك الحين . وهذا الحدث طبع بعمق تاريخ الكيمياء . لقد اهتم اللاهوتي الانكليزي بالفيزياء ، ووجود معمل للبيرة قرب منزله دفعه الى العودة الى دراسة الغاز الكاربوني . كان برستلي يمتلك موهبات المجرب والملاحظ التي أُناحت له بسرعة اكتشاف عدة غازات جديدة بوسائل متواضعة نسبياً . وبدا ، بفضل أهمية اكتشافاته كاحد أكبر الكيميائيين في تلك الحقبة . إلا أنه لم يكن يمتلك عقلية علمية حقة .

لقد كان مدفوعاً بالهام أكيد ، فكان يجرب بمهارة ، إنما ، بحسب الصدفة تقريباً ، « ليري » ما هي نتائج التجربة . ولم يتم الا « بالهواءات » . ولم يعو ادنى الاهتمام للمردودات التي يمكن لاكتشافاته الخاصة أن تحدثها في النظرية الكيميائية . وكان مقتنعاً بفخامة نظرية ستاهل Stahl ، وظل نصيراً لها لا ينثني .

ولم يدم ولعه بالهواءات إلا حوالى عشر سنين . ورغم استمراره في العناية بمختبره ، ورغم متابعته باهتمام التغيرات في الكيمياء ، مناقضاً لأفكار لافوازيه Lavoisier ، إلا أنه قلما كرس نفسه للبحث الكيميائي بعد سنة 1777 ، وهناك مزية أخرى من مزايا برستلي ، وهو عجلته في التعريف بملاحظاته . فمئذ آذار 1772 ، قدمها للجمعية الملكية ، تم نشرها في ستة مجلدات صدرت سنة 1774 و1777 تحت عنوان : « تجارب وملاحظات حول مختلف أنواع الهواء » .

بأشر برستلي أولاً في التجارب حول الهواء الثابت ، والتي نُقلت قبله ونشر في سنة 1771 كتاباً صغيراً حول تخضير « ماء سلتز » . وأدت به هذه الأعمال الى ملاحظة مفاعيل الغاز على التنفس وعلى الاحتراق وكانت نقطة انطلاق السلسلة الرائعة من البحوث التي كانت خاتمتها اكتشاف الاوكسجين .

وبعد أن عرف أن التنفس والاحتراق لا يحصلان في هواء فاسد ، حاول أن يوضح كل الظروف التي تفسد الهواء . وفي سنة 1772 جمع بصورة متتابعة الهواء الآسيد (الاسيد كلوريدري الغازي) والهواء النيتري (بيواوكسيد دازوت) ، وكان هذا الأخير يحصل بفعل الاسيد نيتريك على النحاس أو الزئبق ، وفي سنة 1772 ، حصل على الهواء النيتري غير الناري (بروتوكسيد دازوت) وعرفه بخاصيته المساعدة على الحريق . واكتشف أن الهواء النيتري اذا وضع مع كمية من الهواء الفضائي الموزونة فهو يحدث نقصاً في الحجم ، وهذا لا يحدث مع بقية الغازات المعروفة . وهذا التفاعل المهم استخدم بعد هذه الحقبة لاكتشاف وجود الاوكسجين وتقديره في الخلائط الغازية .

إلا أن وجود الاوكسجين كان ما يزال مجهولاً ، وظل الهواء الفضائي في نظر الجميع جسماً بسيطاً . وحكاية هذا الاكتشاف هي إحدى أهم المراحل في تاريخ الكيمياء ، ومع اكتشاف تركيب الماء ، يُعتبر هذا الاكتشاف واحداً من الاكتشافات التي أثارت الكثير من المناقشات المفضلة . وقد

جرت مناقشات طويلة لمعرفة من الذي اكتشف الاوكسجين برستلي أم لافوازيه . وهذا الأخير لم ينكر أبداً أن زميله الانكليزي كان له الفضل الأكبر في هذه القضية . ولفهم كيفية حصول الاكتشاف يتوجب في البداية تتبع تسلسل الاحداث .

الاعمال الاولى التي قام بها لافوازيه Lavoisier حول الاكسدة : بدأ لافوازيه حوالى 1771 يهتم بدور الهواء الفضائي في تفاعلات التأكسد : احتراق الماس ، ثم باحتراق الكبريت والفسفور . وبعد نهاية سنة 1772 ، حصلت عنده القناعة بأن الكبريت والفسفور يحترقان بامتصاص الهواء . وفي السنة التالية ، أجرى العديد من التجارب حول تكلس المعادن : الزنك ، التوتيا ، الرصاص ، وحول تحول اوكسيداتهما . وعاد إلى موضوع مبحوث منذ زمن بعيد فبحثه بشكل منهجي ، مكرراً كل ملاحظات الكيميائيين الذين سبقوه وجدده فيها . وفي مطلع 1774 نشر مجمل المذكرات التي قرأها أمام أكاديمية العلوم ، تحت عنوان : وسائل فيزيائية وكيميائية . كان يعرف أن الهواء الفضائي يعلق على المعادن عند تكلسها ، ولكنه لم يتوصل إلى تحصيل وتحديد ماهية هذا الجزء . وكان خرجاً من فكرة أن هذا الهواء المجهول هو الغاز الثابت ، الذي كان بظنه منشقاً من الاوكسيدات المتفككة بفعل الحرارة ، كما يتصاعد من الكربونات .

حكاية الاوكسجين - هذا الحدث وُلد المنازعات الاكثر جدية بين المؤرخين (مؤرخي الكيمياء) . لا شك أن الاوكسجين قد نتج عرضاً ، على يد العديد من الكيميائيين الذين جهلوا وجوده قبل أن تتحدد ماهيته بصورة نهائية . ودراسة أعمال شيلي Scheele من قبل المؤرخين السويديين أتاحت لهؤلاء أن يتأكدوا أن مواطنهم قد حضر قبل 1773 غاراً عرف فيما بعد بأنه الاوكسجين . ولكن نتائج شيلي لم تنشر إلا في سنة 1777 ، ولم تنشر أية معلومات عنها ، من خلال المراسلات قبل هذا التاريخ .

لا منازع في أن برستلي هو الاحق بأن تعزى اليه أولى الطرق المعلنه ، التي أدت الى اكتشاف وتحديد ماهية الاوكسجين . فقد لاحظ في أول آب 1774 ، ان اوكسيد المركور (الزئبق) المسمى « المتسرب بذاته » قد تصاعد منه ، عندما يحترق ، هواء غير معروف يمتلك خاصية تضريم الاشتعال . وظن أنه أمام بروتوكسيد دازوت ، وكان يعرفه منذ أقل من سنة . وخلال إقامة له في باريس بخلال تشرين الأول 1774 تحدث الى لافوازيه عن أعماله ، وأمر له عن تجاربه حول اوكسيد الزئبق وحول المنيوم (اوكسيد الرصاص) .

ولم يستعد الكيميائي الفرنسي ، في الحال ، تجارب برستلي ؛ وإذا كان قد أجرى في شهر تشرين الثاني تجارب حول اوكسيد الزئبق الاحمر ، فإنه لم يستخلص منه أية نتيجة . لقد كان فكره مشغولاً بتحرير مذكرة مهمة جداً حول تكلس القصدير في إناء مقفل ، وحول سبب تزايد أوزان المعدن ، ليقدم هذه المذكرة في 12 تشرين الثاني سنة 1774 الى أكاديمية العلوم . وكرر لافوازيه التجربة التي أجراها بويل حول هذا الموضوع ، وكان أكثر إلماً وإضططلاعاً من العالم الانكليزي فاستطاع أن يبين أن زيادة الوزن تعود الى تعلق الهواء الموجود في الوعاء المقفل لا إلى تثبت جزيئات النار . وهكذا استطاع

لافوازيه أن يعزل الآزوت ، وكان يسميه المادة « الترسبية » ، كما حاول أن يحدد خصائصه الكيميائية .
 وابتداءً من شباط 1775 عاد الى تجاربه حول الأكسيد الأحمر الزئبقي . وبذات الوقت كان
 الكيميائيان ، الانكليزي والفرنسي يجران نفس الملاحظات . وفي 8 آذار لاحظ برستلي Priestley أن
 الاوكسجين (وكان يسميه الهواء الناري) يغذي التنفس ، وأرسل بهذه الملاحظة الى الجمعية الملكية .
 وفي 25 أيار من نفس السنة أجرى لافوازيه بشكل مستقل نفس التجربة ، بعد برستلي .

والواقع أن الموضوع كان مطروحاً على بساط البحث وكان هناك كيميائيون مشغولون بتجارب من
 نفس النوع . في فرنسا درس الصيدلي العسكري باين ترسبات أوكسيد الزئبق من محاليل املاحه ، ثم
 فككها بالحرارة دون أن يفترض أنها تعطي غازاً مجهولاً . وفي السويد كان شيلي ، وهو معزول تقريباً
 عن عالم العلم ، يقوم بنفس الأبحاث . وقد حضر الاوكسجين انطلاقاً من أكسيد المنغنيز ، وتوصل
 الى نفس نتائج لافوازيه وبرستلي في مطلع عام 1775 .

أعمال شيلي Scheele حول الهواء - كان وليم شيلي (1742-1786) صيدلاناً في ستكهولم . ولم
 يكن بحوزته الا أدوات بسيطة للعمل . واضطر الى تكريس معظم وقته لمهته . وتضعه الصدف على
 علاقة مع برغمان Bergman . وعرف في الاوساط العلمية السويدية ابتداء من 1770 ولكن أعماله لم
 تصل الى البلدان الاخرى إلا ابتداء من 1777 . وقد اكتشف أن الهواء يتألف من غازين أحدهما لا
 يتألف إطلاقاً مع « السائل الناري » في حين الآخر كان يجذب هذا « السائل الناري » . وتعرف على
 وجود الاوكسجين بجعل الكبريت والفوسفور يمتصانه . وكان تحديد خصائصه صحيحاً ولكن التفسير
 الذي قدمه لم يكن ليفيد في تقدم النظرية الكيميائية . وسمى الاوكسجين « بهواء النار » ، وجعل
 منه ، مع السائل الناري مركباً للحرارة وللضوء . والواقع أن كتابه الكبير « بحث كيميائي في الهواء
 والنار » لم ينشر باللغة الألمانية إلا سنة 1777 وترجم الى الفرنسية سنة 1781 . ولم يساهم في حركة
 الافكار التي كانت يومئذ تخص الكيميائيين .

إلا أن ما قدمه شيلي لتقدم الكيمياء يبقى ضخماً ، ليس فقط من خلال أعماله حول
 الاوكسجين ، بل بعدد كبير جداً من الاكتشافات المهمة التي سوف تعود إليها .

تأويل خصائص الاوكسجين - لم يكتمل تاريخ الاوكسجين فعلاً إلا بحوالى 1785 . ولكنه
 بعد 1775 ، كان الاساسي منه قد حصل . كان برستلي أول من تعرف على دور الهواء « غير الناري »
 في تنفس النباتات . وتضمنت مذكراته ومذكرات لافوازيه وصفاً شبه كامل للاوكسجين والآزوت .
 إلا أن لافوازيه وحده كانت لديه رؤية صحيحة حول طبيعتهما . فبالنسبة الى برستلي وغيره من
 الكيميائيين في تلك الحقبة ظل الهواء الفضائي جسماً بسيطاً . والاوكسجين ، بحكم الحصول عليه عن
 طريق تسخين اكسيدات الزئبق والرصاص لم يكن إلا هواءً فضائياً قد تركه سائله الناري ليتقل إلى
 هذه الاكسيدات ومن هنا قيل عنه أنه هواء غير سائل والآزوت (وهو هواء مسيل نارياً) كان القسم
 من الهواء الفضائي الذي لا يمكنه الانفصال عن السائل الناري . وبقي الناس عند هذه المفاهيم

التقليدية . وكانت هذه المفاهيم تثقل بكل وزنها التفسيرات للظواهرات الكيميائية الأخرى كما كانت تؤثر في شرح طبيعة كل الاجسام المكتشفة من جديد .

وأطلق لافوازيه على الاوكسجين اسم الهواء الجبوي ، وسمى الازوت باسم المادة الترسبية . وفي سنة 1776 اجري التجربة الشهيرة وبخلالها امتص الاوكسجين من حجم معين من الهواء ، عن طريق الاحماء المستديم للزئبق ، ثم بعدها مرر هذا الاوكسجين بتفكيك الاكسيد المتكون ، ثم أعاد تكوين الهواء الفضائي .

وهذه المرحلة التي تتابعت فيها وترافقت أعمال العديد من كبار الكيميائيين بحيث كمل بعضهم بعضاً ، هذه المرحلة توضح تماماً معنى كلمة اكتشاف بالكيمياء . فهذا الاكتشاف قد حصل بخلاف عدة مراحل ، إذ لا يكفي عزل جسم ما حتى يقال بأن الفاعل قد اكتشفه . بل يتوجب أيضاً تحديد ماهيته بالتعرف على خصائصه الفيزيائية والكيميائية وبالتالي التعرف على طبيعته الحققة . ونادراً ما كان اكتشاف مهم من فعل عالم واحد . وفي ما خص اكتشاف الاوكسجين من المسموح به الظن بأن برستلي ولافوازيه قد شاركا فيه بحصص متساوية .

3 - تحولات النظام الكيميائي

انطوان لوران لافوازيه Antoine Laurent Lavoisier - دخل لافوازيه ، بأعماله حول تركيب الهواء الفضائي ، في المرحلة الناشطة من أبحاثه . كان عمره يومئذ ثلاثاً وثلاثين سنة ؛ لانه ولد في 26 آب سنة 1743 .

وبعد دراسته للحقوق دخل الى ادارة « المزرعة العامة » حيث تلقى مساهمة مالية . وفي سنة 1768 ، تزوج من ابنة مدير شركة الهند ، المزارع العام ، وكان اسمها ماري آن بولز Marie-Anne Paulze ، وعمرها ثلاث عشرة سنة ، وتبين أنه اداري كبير ، وساهم بدور كبير جداً في إدارة « المزرعة » . وفي 1775 عينه تورغو Turgot قائماً عاماً على البارود والتترات . وبفضل الاصلاحات التقنية التي أدخلها على هذه الادارة حصلت جيوش الثورة فيما بعد على البارود الجيد . وكان ينتمي الى هذا القسم من البورجوازية الكبيرة التي استقبلت بمحبة وتعاطف التغييرات الأولى التي أدخلتها الثورة . وساهم في الحركة السياسية دون أن يحتل مركزاً مهماً . كان من أنصار الملكية الدستورية ، ولذا ترك بصورة كاملة الشؤون العامة ، عندما بدأ الصراع بين الرأي العام والملكية يتكون . ولكنه شارك الى حين اعتقاله ، في نشاط العديد من الأجهزة الرسمية ذات الصفة التقنية والعلمية . وقد أولت بشكل مختلف جداً ، عملية توقيفه وإعدامه مع القيمين العامين زملائه في 8 أيار 1794 ، إن إعدامه هو عمل ثوري لم يكن ليؤثر فيه كونه كيميائياً ، لا سلباً ولا إيجاباً . ومن اجل القضاء على بعض الاساطير الراسخة يجب التذكير أنه لم يتح له ان يطلب الامهال حتى يتابع أعماله ، وإن الحملة التي شاعت كثيراً « أن الثورة ليست بحاجة الى العلماء » والتي نسبت الى رئيس المحكمة لم تفلح .

لقد شمل نشاط لافوازيه العلمي مجالات متنوعة ، ولكنها كلها ذات علاقة بالكيمياء . وبعد أن إهتم بالجيولوجيا ، يبدو وكأنه ربما تصور باكراً ، حوالى 1770 ، إخراج الكيمياء من المازق الذي كانت مجعدة فيه . فقد قرأ كل ما كتب ، وإهتم بشكل خاص في المراحل الأولى من إكتشاف الغازات . وريدت له مساهمة الهواء ببعض التفاعلات الكيماوية المشكلة الأهم التي يجب حلها . ولكنه توقع ، فضلاً عن ذلك ، أن هذه الكيمياء الجديدة ، التي كانت تبني يومئذ ، كيمياء الغازات ، كانت ذات شأن في أحداث الانقلابات الكبرى في نظرية المعارف وتفسيرها .

كتب على احد دفاتره المختبرية برنافج عمل مستوحى من الهام رائع ومن وضوح في الرؤية عجيب ربما يعود الى 20 شباط 1773⁽¹⁾ .

التجريبي - الشيء الذي يميز لافوازيه عن معاصريه ، هو موقفه من الافكار المقبولة ، وبصورة خاصة نظرية « السائل الناري » (فلوجيستيك) ، وحرية فكره أمام مسألة الطبيعة . إذ يبدو ، بهذا الشأن ، أنه التجسيد الأكثر كمالاً للباحث الديكارتي ، كما عرّفه فيلسوف في القرن 17 ، وبالشكل الذي ربما لم يعرض بعد .

ولكن رفض كل شيء لم يثبت بالتجربة يتطلب أيضاً هذه المسلمة وهي أن تكون التجربة قد جرت في ظروف بحيث تكون نتائجها غير قابلة للنقاش . وكان هذا صفة أخرى من صفاته الرئيسية في تصور وتنفيذ مثل هذه التجارب .

ومنذ بداية عمله العلمي ، بعد 1768 تفحص مسألة تحويل الماء الى ارض . فمنذ زمن بعيد ، كان من المقبول ، (بويل قد أثبت ذلك على ما يبدو) أن الماء اذا حي في إناء تحول الى تربة ، ولو بقسم يسير . وأجرى لافوازيه التجربة ، وبفضل طريقة دقيقة في الوزن ، بين أن البقية الترابية تنأت من الإناء وليس من الماء . وينفخ الحقة قدم شيلي نفس الإنبات إنما بطريقة كيميائية ، وذلك عندما عثر من خلال التحليل في الترسب الترابي ، على مكونات الزجاج . كما أن تجاربه ، (اي لافوازيه) حول تكلس القصدير أتاح تصحيح نتيجة خاطئة توصل إليها بويل ، وذلك عندما بين أن زيادة وزن المعدن تأتي من الهواء لا من النار .

وأتاح له موقفه غير المنحاز وطريقته ، بسرعة معرفة عدم الحاجة الى الاستعانة بكائنات افتراضي لتفسير التفاعلات الكيميائية . في بادئ الأمر اكتفى بالسكوت على مبدأ ستاهل . ولكن سرعان ما لوحظ الأمر ، فأزجج الكيميائيين المتحمسين المحنكين . وفهم لافوازيه قوة الافكار المترسخة التي كانت تبقى على المسائل الناري . لقد شعر بدون شك أنه لا يكفيه تجاهل هذا المسائل بل عليه أن

(1) التاريخ الذي دونه لافوازيه هو « 20 شباط 1772 » . ولكن براهين متنوعة بدت وكأنها تثبت أن هناك خطأ بسنة (راجع هـ . غرلاك H.Guertlac ، في « صحيفة تاريخ الطب » XII ، V ، 1957) .

بجاريه . ومع ذلك فقد التزم جانب الحذر الواعي قبل أن يعلن قناعته وقبل أن يحصل على البراهين القاطعة⁽¹⁾ .

تكوين الاسيدات ونظرية الغازات - لم يكن اكتشاف مكونات الهواء كافياً يومئذٍ من أجل وضع نظرية أكثر اقناعاً من النظرية السائدة . إن دور الاوكسجين في الاحتراق وفي التنفس كان يُفسر من قبل كل الكيميائيين الآخرين ، عن طريق الاستعانة بالسائل الناري . وبعد سلسلة من الأعمال ، الموضوعة سنداً لمنطق مدهش ، نفذت بين 1775 و 1777 ، درس لافوازيه تركيب الاسيدات اي الحوامض . وبيّن أن تحول المعادن الى كلس ، وتحول أشباه المعادن (التي لم يكن اسمها الخاص معروفاً بعد) إلى أسيدات ، هذا التحول يُعزى الى امتزاج الجسم المحروق بالاوكسجين ، وإن الاملاح كانت مكونة باجتماع هذين المستحضرين بفعل الاحتراق . وبخلال الحقبة نفسها ، شرع في وضع نظرية حول الغازات أوضحها في السنوات التالية .

وهذه النظرية تدخل مبدأ الحرارة ، وقد سماها « السُعرية » (كالوري) . وكما هو الحال بالكهرباء والضوء اعتبرت السُعرية بالنسبة الى لافوازيه عنصراً أساسياً في الطبيعة . وعندما وضع مع غيتون دي مورفو Guyton de Morveau جدول المواد الحديث جعل الاسيدات في طليعة العناصر البسيطة . أما الغازات فكانت مركبة براهيه من أجسام مُتحدة بكمية كبيرة من السُعرية . من ذلك ان الاوكسجين مؤلف من مبدأ الاوكسجين المقرون بالسُعرية . وهذه النظرية حول الغازات ، كانت موسومة ، من جهات عدة بالتصورات التقليدية ، ولكنها لم تكن تعيق تطور نظرية متماسكة ، وعندما تم التخلي عن الصفة المادية للحرارة ، بصورة نهائية ، زالت نظرية الغازات دون أن تؤثر تأثيراً خطيراً في مجمل النظام الكيميائي .

وانتقدت النظرية الجديدة للاسيدات ، بمقدار ما كان السائل الناري غريباً عنها ، وبمقدار ما دخل الاوكسجين فيها كعنصر بسيط . والشكوك حول حقيقة السائل الناري التي عبر عنها لافوازيه Lavoisier علناً بعد 1777 ، بدت (اي هذه الشكوك) عارية من الاساس ، لدرجة أنها بدت غير خطيرة .

(1) قبل هذه الحقبة بكثير نشر الروسي م . آ . لومونوسوف M. A. Lomonossov (1711 - 1765) ، أعمالاً تتضمن استباقات رائعة ، فقد وجدت عنده فكرة التشكل الذري للأجسام ، وكذلك فكرة الطاقة الحركية المسببة بالفعل الإضطراب الخلوي . وقد عرف لومونوسوف Lomonossov زيادة أوزان المعادن المتحولة إلى كلس ، فرفض ، بعد 1756 ، نظرية السائل الناري . ولكن للأسف لم تعرف كتاباته التي وضعت باللغة الروسية من قبل الكيميائيين الغربيين في البلدان الأخرى . إذ لم يرد لها ذكر على الإطلاق في الاداب الإنكليزية والفرنسية والألمانية في ذلك الزمن . ولا نشك أن نشر أفكاره يومئذٍ كان ساعد على التسريع في حصول النظام الكيميائي الحديث .

وفيا بعد نشر عيتون Guyton رسالة من ماکر Macquer ، وكان أحد المعلمين الأكثر احتراماً في ذلك الزمن ، عبر فيها ، بعد أن سمع سنة 1778 بمذكرة صادرة عن لافوازيه - عن ارتياحه : كتب يقول «اين كان يمكن أن نكون مع كيميائنا القديمة ، إذا كان من الواجب اعادة بناء مختلف تماماً ؟ بالنسبة الى أي أعترف بأي كنت تخليت عن المشروع كله » .

تعبّر هذه الجملة بشكل كامل عن موقف الكيميائيين في القرن الثامن عشر ، وتعرف بطبيعة المناقشات التي قامت بعد ذلك بقليل . فالرجال المتقدمون في السن رفضوا باصرار الافكار الجديدة ؛ إن الكيميائيين الشبان هم الذين نجحوا نظريات لافوازيه .

طبيعة الماء - قامت إنطلاقاً من 1783 معركة حامية حول طبيعة وحول تركيب الماء . وهذا الموضوع طرح على بساط البحث ، كما طرح قبل ذلك بـ 10 سنين موضوع تركيب الهواء . هناك العديد من الملاحظات ، تعزى بشكل خاص الى ماکر ، بينت ان احتراق الهيدروجين يولد تشكّل حبيبات الماء . وقد جرت محاولات مقطعة ، ثم تركت . وقد تضايق لافوازيه ، في بادئ الأمر ، عند محاولته حل هذه المسألة ، من فكرة ، تتطابق مع نظريته ، ومفادها ان الهيدروجين عندما يحترق ينتج مركباً اسدياً ، وهذا عائق يشبه العائق الذي حجب عنه لفترة من الزمن وجود الاوكسجين .

وكان الفيزيائي الانكليزي هنري كافنديش Henry Cavendish أول من لاحظ ، مستعيناً على دمج الهيدروجين بالاوكسجين ، بواسطة الشرارة الكهربائية ، إنها اي الاوكسجين والهيدروجين يتحدان بنسب أحجام معينة ، ليولدا الماء . ووصل خبر هذه التجربة الى باريس في شهر حزيران 1783 . واعاد تكرارها لافوازيه ولابلاس في الحال وأكدوا بذات النهار : « أن الماء ليس مادة بسيطة ، بل هو مركّب ، وزناً بوزن ، من هواء قابل للاحتراق ومن هواء حيوي » . وكانت المشادة حول هذا الموضوع حادة جداً . مقابل الهجمات القوية التي قام بها لافوازيه ضد السائل الناري ، كانت الاجوبة لا تقل حدة . وبالفعل لو لم يكن الاوكسجين الا هواء عارياً من السائل الناري ، فإنه يتلقى هذا السائل من الهيدروجين عند الاحتراق ، مما يولد الماء .

وهذا الأخير قد يبقى عنصراً بسيطاً . وبقي كافنديش عند هذا التفسير الذي يضم جوهر كل الاشياء ، وهكذا كان لافوازيه ، كما هو الحال بالنسبة الى تركيب الهواء ، الوحيد الذي عرف الطبيعة الحقة للظاهرة . إن المقارنة مع واقعة الهواء استكملت عندما علم في شهر آب التالي ، أن غسبار مونج Gaspard Monge قد حقق تركيب الماء ، في شهر حزيران ، بدون أن يعرف بأعمال كافنديش ولابلاس ولافوازيه .

وفي سنة 1783 كانت أيضاً السنة التي اكتشف فيها الاخوان مونغولفييه Montgolfier القوة الصاعدة في المناطيد المسماة اروسات . وصعد الفيزيائي شارل ، مرفوعاً بالبالون منفوخ بالهيدروجين ، وعينت الجمعية الملكية للعلوم لجنة مكلفة بدراسة تحسين الآلات الجديدة . وعمل مونيه مع لافوازيه في البحث من أجل أفضل وسيلة لتحضير الهيدروجين . ولهذا درس الكيميائيان

تفكيك الماء بالحديد المحمي لدرجة الاحمرار ، وحضرا أجمل تجبرية في تاريخ العلوم . ونفذت هذه التجربة في 27 و 28 شباط وفي أول آذار 1785 في مختبر لافوازيه في الارسنال Arsenal ؛ بحضور جمهور كبير من العلماء . وبعد أن فكك الماء بالحديد الاحمر وحصل على الهيدروجين المتصاعد نفذ لافوازيه ومونيه حالاً تركيبه في بالون مزود بصنبورين حيث كان الهيدروجين يشتعل بواسطة شرارة كهربائية . أما قياسات الاحجام والاوزان فقد جرت بدقة بحيث يتسنى . كل شك حول طبيعة الماء وتركيبه .

إلا أن الرأي العلمي قاوم لعدة سنوات . وحتى مطلع 1787 بقي لافوازيه وحيداً تقريباً في اقتناعه بقيمة نظريته . وكان أول المنضمين إليه ، ليس الكيميائيون ، بل الرياضيون . فقد كان هؤلاء لا يأبهون بنظرية السائل الناري . بل كانوا مأخوذين بمظهر آخر من مظاهر الكيمياء في ذلك العصر وهو الألفة أو التعاطف . فقد كان لابلاس وكوزان ومونج ومونيه على أفكار لافوازيه ، ولكن لم يكن لهم أن يدافعوا عنها . أما الكيميائيون الأوائل المنضمون فهم شبتال وفوركروا ثم برتولي وغيتون .

الجدول الكيميائي الحديث (نومونكلاتور) - كان غيتون دي مورفو Guyton de Morveau عمالياً في برلمان ديجون Dijon ، وكان قد نشر عدة أعمال شخصية لم تترك أثراً في تاريخ الكيمياء . وكان فضله الكبير أنه كان أول من خطرت له فكرة إجراء اصلاح جذري على الجدول الكيميائي ، ونشر مذكرة حول هذا الموضوع أعلن فيها المبادئ الأساسية التي يجب أن يرتكز عليها الجدول المنهجي . ثم ذهب يعمل خلال فترة ، مع لافوازيه حتى يتأكد من صحة نظريته ولكي يستكمل مشروعه . وفي هذا الوقت اعتمد النظام الجديد الذي بدأت تسميته تعرف بالكيمياء الهوائية ، لأنها كانت مؤسسة على الخصائص الكيميائية للغازات . ووضع الجدول الكيميائي في مطلع 1787 من قبل لافوازيه وغيتون وقد ساهم معها برتولي Berthollet وفوركروا Fourcroy وكذلك الرياضيون الذين كانوا يزورون بصورة إعتيادية مختبر الارسنال Arsenal .

وعمل تقديمه الى الاكاديمية في شهري نيسان وأيار ، ثم نشره في شهر آب 1787 تحت عنوان تجبرية في الجدول الكيميائي ، على إنجاح الكيمياء الحديثة . فهو أي الجدول أعطى للكيمياء لغة بقيت في جوهرها ، اللغة التي ما تزال نستعملها والتي كانت خير وسيلة لانتشارها .

أعمال لافوازيه Lavoisier الاخيرة - لقد توقفت أعمال لافوازيه بعد بضعة سنوات من وضع النظام الكيميائي الحديث . وكان عمله بأكمله مخصصاً لهذه الغاية . وبالطبع بعد أن رسمت هذه النظرية الواسعة أولى معالمها ، عمل لافوازيه على تمهينها واستكمالها وإنجاحها . ولكنها لم تكن بالنسبة إليه إلا جهداً مستمراً في الاكتشاف . وكانت تطلعاته تذهب الى أبعد من نظام في كيمياء الاجسام الجامدة ، نحو رؤية كاملة لكل تكوين الكائنات الحية .

فقد أخذ التنفس عند الحيوانات مكانه في بحوثه المتعلقة بخصائص الاوكسجين . وبخلال الأعمال حول قياس السعرات الحرارية (كالورمترية) التي قام بها ، بعد 1782 مع لابلاس ، قاس الحرارة التي يحدثها التنفس . وبعد نشر كتابه ، « كتاب الكيمياء الابتدائي » 1789 ، انتفت لافوازيه ،

وكانه تخلص من نظام كامل في البحوث التي كانت تشغله منذ سنوات ، التفت بصورة نهائية نحو الكيمياء الوظيفية الاحيائية . فوضع مع كيميائي شاب ، سيغين Seguin ، برنامج بحث كانت ضخامته تساوي ضخامة برنامج 1773 . وانصرف العالمان في الحال الى العمل وأوصلتا نتائج أعمالهما الأولى الى الاكاديمية ابتداءً من 1790 . وكانت هذه الاعمال تتناول التنفس ثم العرق . وقد خلدت رسوم مدام لافوازيه المصنوعة في غتبر الارسينال هذه الجلسات . وفي سنة 1792 ترك لافوازيه سيغين يكمل وحده البحوث . ولو أنه استطاع إكمال عمله ، لكان قد اهتم بالهضم ولكن أعطى منذ ذلك الحين دفعة قوية للكيمياء البيولوجية والفيزيولوجية .

4 - مقاومة نظرية لافوازيه Lavoisier

يُعتبر زوال نظرية السائل الناري احد الاحداث الأكثر أهمية في تاريخ الكيمياء بحيث أنه قطعه الى قسمين . لقد تخلص هذا العلم من فكرة مباديء يعود أصلها الى بدايات علم الكيمياء ، وكان هذا المفهوم قد ترسخ بخلال الحقبة الوسيطة . وقد أصاب الميكانيك أيضاً مثل هذا التحول في القرن السادس عشر وكذلك الفيزياء في القرن السابع عشر . وتبعتهما الكيمياء متأخرة لان المسألة التجريبية كانت بالنسبة إليها أكثر صعوبة . وكان داعية هذا الاصلاح ليس بمنأى عن الوقوع تحت سيطرة المعتقدات البالية . واستخدامه لبدأ الشعيرة يدل بما فيه الكفاية كم هو صعب على الفكر حتى الأكثر استقلالاً ، أن يتخلص من الافكار السائدة .

وقد أظهر معاصرو لافوازيه تعلقاً عنيداً بالسائل الناري ، الذي هو تجسيد أكمل لكيمياء المباديء ، تجسيدا يُعطي للعقيدة الكيميائية مظهراً مكتملاً وشديد الارضاء .

كان الرأي العام حوالي 1770 يرى أن الكيمياء قد وصلت الى درجة من الكمال لا يمكن معها الامل بإضافة اي شيء آخر . ولهذا لم يكن الرفض في الموافقة على أفكار لافوازيه فعل جليل محدود الأفق بل كان بالعكس إشارة الى حيوية بالغة في الكيمياء ، حيوية يخدمها العديد من العلماء ذوي القيمة . لقد تركت نظرية ستهل في الظل مسألة دقيقة هي طبيعة السائل الناري : وهذا الغموض لم يكن ليضيق على مفكري القرن السابع عشر . وبعد ثلاثة أرباع القرن لم يكن من الممكن الظهور بمظهر القليل التشدد حول هذا الموضوع . ولهذا بذلت الجهود الكبرى من اجل إنقاذ السائل الناري كميدياً . وكانت الصعوبة الرئيسية ناتجة عن هذه الزيادة الشهيرة في الوزن ، والمحقة في المعادن عند تكلسها .

السائل الناري والجاذبية الأرضية - كان موضوع الجاذبية الأرضية بالنسبة الى السائل الناري محط افتراضات كثيرة التنوع وذلك من اجل تكيفه ليتلاءم مع مقتضيات التجربة . وقبلما اختلفت هذه التأويلات عن التأويلات التي قدمها الكيميائيون من القرن الماضي . إن مادة النار قد زالت ليحل محلها السائل الناري . وفي سنة 1763 ميز شاردينون Chardenon . الثقل النوعي ، والنقل المطلق وافترض أن السائل الناري ينزغ الى التخفيف من الوزن المطلق في كل الاجسام التي ينضم إليها .

واعتمد العديد من المؤلفين هذه النظرية وإن بأشكال مختلفة تقريباً . وظل فينيل Venel يدعي طيلة أكثر من 20 سنة أن السائل الناري له وزن سلبى ، وأن هذا الوزن في ذهنه هو أخف من الخفة القصوى . إن السائل الناري يتصرف تجاه قانون الجاذبية بشكل معاكس لقانون بقية الاجسام . وتبع فينيل Venel العديد من الكيميائيين ومنهم بلاك Black و ليسلي Leslie . وفي سنة 1772 عزاغيتون دي مورفو Guyton de Morveau الى السائل الناري خفة خاصة تجعله أخف من كل الاجسام الأخرى . وعلى هذا فالمعادن التي تخسر سائلها الناري تصبح أثقل حسب رأيه ، أكثر وزناً ، دون أن يلتفت الى مفهوم الثقل النوعي . وفي سنة 1776 جرب مورفو المذكور مرة أخرى التوفيق بين اكتشاف الهواء الثابت ، وبين نظرية ستاهل ، وذلك بادخال اللبس ، الذي اصطدم به من قبل لافوازيه ، بين الغاز الكربوني والاكسجين . وقد جرب برتولي أيضاً ، وبذات السنة محاولة توفيق . وقد اعتمد كل الكيميائيين الكبار في ذلك الحين مثل هذا الموقف ومنهم مابكر وبرغمان وشيل و برستلي الذين أعادوا ادخال السائل الناري في التفاعلات المبحوث بها ، بعد كل هجوم من قبل لافوازيه .

حملة لافوازيه Lavoisier ضد السائل الناري - بدأ لافوازيه يشكك علناً بوجود السائل الناري ابتداء من سنة 1777 فقط . وقد فعل ذلك بحذر في بادئ الأمر ، دون أن يومي على الاطلاق بأنه يقدم ، كما فعل معارضوه ، أفكاراً افتراضية ، ووقف وحيداً ضد محاصمين مصممين على عدم التهاون بالنيل من مراكزهم ، فأظهر براعة كبيرة في طريقة عرض براهينه ثم في اصدار الحكم النهائي ، في الوقت الذي شعر فيه بضمان عدم غلبته في مجاله الخاص . وفي حزيران 1785 قرأ امام الاكاديمية إحدى أشهر مذكراته وعنوانها (أفكار حول السائل الناري) .

وبعد أن استحصل على موافقات أولى من بعض الكيميائيين الفرنسيين ، استطاع لافوازيه إبراز النصوص التي سوف تساعد على نشر أفكاره . من هذه النصوص كان في بادئ الامر الجدول الكيميائي الذي سبقته الإشارة إليه ، ثم في سنة 1788 كتاب آخر جماعي هو الترجمة التي قامت بها مدام لافوازيه ، لكتاب وضعه ريشار كيروان Richard Kirwan بعنوان « محاولة حول السائل الناري » ، وكان كل فصل في هذا الكتاب متبوعاً بدحضٍ خطي ، بقلم لافوازيه أو احد اصدقائه . وكان لهذا الجواب أحسن المفاعيل . وأصبح السائل الناري ، الذي كان في الماضي مادة النار ومادة الضوء والذي أريد له أن يكون الانقضى حتى في الدخان الاسود ، هذا السائل أصبح تحت ريشة كيروان ، الهيدروجين بالذات . ولكن بعد قراءة الردود المعارضة لمزاعمه ، انضم ريشار كيروان إلى النظرية الهوائية ، وقد جر معه قناعة معاصريه الذين اعتمدوا بسرعة كل المبادئ الجديدة ، ما عدا برستلي . أما كافنديش ، فقد قبل من جهته بأن الظاهرات الجديدة تفسر على حد سواء بهذه النظرية أو تلك .

ونشر لافوازيه في كانون الثاني 1789 كتابه بعنوان « الكتاب التمهيدي في الكيمياء » وعرف هذا الكتاب النجاح بسرعة . وأعيدت طباعته في الحال وترجم الى عدة لغات . وأتاح الكتاب الذي كان يختلف تماماً عن كل ما سبق وكتب منذ قرنين للكيميائيين الشبان أن يتعلموا بصورة مباشرة الكيمياء الجديدة .

المقاومة في فرنسا وفي ألمانيا - في هذه الاثناء لم تضعف مقاومة الكيميائيين الاكبر سناً . في فرنسا مات ماکر Macquer دون أن يرى نجاح هذه النظرية التي كان يحشاها كثيراً ، والتي كان قد انضم إليها بدون شك لو بقي حياً . أما رجال جيله من أمثال بومي Baumié وساج Sage فظلوا غير جازمين . أما محرر مجلة « ملاحظات حول الفيزياء » وهي الصحيفة الوحيدة الشهيرة التي تعالج العلوم بشكل عام ، وهو لاميتري ، فقد كان من أنصار السائل الناري المتعصبين . ولهذا أسس لافوازييه وأصدقائه في سنة 1789 مجلة «حوليات الكيمياء » ، لكي يكون لديهم مجلة تسير أفكارهم .

أما الهجوم الأكثر حدة فقد كتبه لامارك Lamarck الذي نشر سنة 1796 كتاباً بعنوان « دحض النظرية الهوائية » . وأتترح بدلاً من هذه نظرية « نارية » ، وصرح بأن الاوكسجين هو كائن عقلي ، ثم تتبع صفحة صفحة كتاب الفلسفة الكيميائية لفوركروا Fourcroy ، فوضع اعتراضاته مقابل كل مقطع .

في هذه الحقبة كانت مقاومة نظرية لافوازييه حادة في ألمانيا . وقدمت اقتراحات عدة في فرنسا وفي انكلترا لاتخاذ السائل الناري من الضياع . واستعيدت هذه الاقتراحات في ألمانيا . لقد كان السائل الناري يعتبر فيها كميلاً للحرارة وللنور وللكهربية أما منفرداً أو مضموماً إلى غيره . وابتدعت موجودات جديدة ذات رابط قريب بالمبدأ المعلوم ، ودافع عنها أنصارها بحدة . واستعيدت فكرة كيروان من قبل ويغلب . وتحليل ويسترومب وريختر وغرين Westrumb, Richter, Gren وآخرون كثر العديد من التسويات أو أكدوا على بطلان المبادئ الجديدة تأكيداً مطلقاً .

وعندما ترجم س. ف. هيرمستاد S.F. Hermbstadt إلى الألمانية كتاب لافوازييه ، ربح النظام الجديد وبسرعة أرضاً جديدة . وكما هو الحال في فرنسا ، استمر الكيميائيون المسنون أمثال ويغلب Wegleb وكريل Crell وجملين Gmelin في التمسك بخطئهم .

في هذه الاثناء عرفت عقلية الكيمياء القديمة بعض الردات أن السائل الناري لم يكذب يحضر فلم يجد مدافعاً عنه غير برستلي ولامارك ، عندما تصور كيميائي من بست ، هو ووتر Winterl مادة جديدة شاملة سمها اندرونيا . وتولى اورستيد Oersted اشاعة هذه الفكرة سنة 1803 في كتاب حرره بالفرنسية ، ولقي بعض الانتصار ثم زال سريعاً بعد تحريره .

وفي سنة 1803 ايضاً ، وعند اكتشاف الهالوجينات (مولد الملح) أعلن الكيميائي الهولندي فان مونس Van Mons عن نظرية جديدة فيها يحتل الهيدروجين من جديد مكانة مبدأ للاحتراق . وظلت أفكار فان مونس لعدة سنوات مستحوقة على انتباه الكيميائيين الفرنسيين . وقد حاول دافي من جهته أن يعطي للازوت دوراً مماثلاً . وكانت هذه الحقبة ، حقبة الغموض ، بسبب كثرة الأحداث الجديدة المتراكمة خلال القليل من الوقت ، ذات مدة قصيرة . وقد تم التخلي عن المبدأ القائل بأن كل الحوامض او الاسيدات هي من مركبات الاوكسجين . ولكن هذا الاصلاح لم يغير شيئاً في النظام الذي ارتكزت عليه الكيمياء في نهضتها .

II - البحوث حول المؤلفات ، وجذور النظرية الذرية

1 - جداول المؤلفات

إن فكرة المؤلفات ، قبل أن تصبح موضوع دراسات خاصة بزمان بعيد ، كانت مقبولة ضمناً لدى الكيميائيين . وقد عثر غيتون دي مورنو Guyton de Morveau على الكلمة في كتاب لطبيب ألماني هو كونراد برشوس Conrad Barchusen عنوانه : « بيروسوفياسيف المتناشيميا » (ليد 1698) . والحقيقة أن الفكرة أقدم من ذلك بكثير والكلمة أيضاً . رغم عدم وجود أية دراسة خاصة مكرسة لها قبل بداية القرن الثامن عشر ، فهي وازدة في كل كتب الكيمياء بشكل أو بآخر . فالتحاد الاجسام فيها ، والمتشكك والتبادل والترسبات والتضاعديات أو التبخرات كلها تنتج من بعض المؤلفات البارزة إلى حد ما العتيقة إلى حد ما ، والتي تحصل بين مختلف مكونات المادة .

ولم يسبق أن نوقشت طبيعة هذه المؤلفات . وقبل الحقبة الديكارتيّة كان الرأي العام يعتبرها كاستعدادات أو استلطافات تجعل من جسمين متقاربين عرضة للتحاد ليكونا فيها بينهما رابطاً متيناً . واستبعاد أحد المكونات من المركب لصالح جسم آخر ، يحدث إذا كان هذا الجسم الثالث يتمتع بمحبة أو صداقة بالنسبة إلى المكون الثاني ، الأقوى من الصداقة أو المحبة التي تسيبت بالتفاعل الأول .

وكانت هذه المعاني مستعملة في لغة الكيميائيين ، لا للتفسير بقدر ما هي لوصف المظاهر بواسطة الصور المألوفة .

والواقع إن هذه الصور تعبر تماماً عن نوع من التأويل للأحداث . وفرق للدرجة أو القوة بين المؤلفات ، بين هذه الاجسام أو تلك يسمح بتفسير مناعة بعض المعادن ضد الاسيدات ، وضعف بعضها الآخر الذي يذوب بتأثير الاسيدات المذكورة بسهولة .

وبعد 1648 قدم غلويسر Glauber ترتيباً لتحاب مختلف المعادن بالنسبة إلى الزئبق . والأمور تتعلق بسهولة تكوين خلاط ، تنازلاً ، من الذهب إلى الحديد مروراً بالفضة والنحاس .

وقد أبطل الديكارتيون هذه الاستعدادات التعاطفية ، وحاولوا أن لا ينظروا إلا إلى الشكل وإلى بنية المادة ، ولكنهم إن توصلوا إلى تفسير كيفية حدوث ولوج جسم بآخر ، فإنهم لم يستطيعوا أن يعثروا على أي سبب لهذا الفعل . ولهذا لم يمكن التخلي عن فكرة المؤلفات المسؤولة عن التفاعلات الكيميائية ، بصورة كاملة . والبعض تناسها بشكل صريح ، ولكن الفكرة ظلت كامنة ضمناً في كل تفسير للفعل الكيميائي .

المؤلفة والفيزياء النيوتنية - لقد تولت الفيزياء النيوتنية اعطائها كياناً ، وسهولة أكبر ، خاصة وأن التصورات حول بنية المادة قد تطورت بخلاف القرن السابع عشر . إن وجود الجسيمات المتناهية قد أصبح مقبولاً بوجه عام من قبل الكيميائيين ؛ أو على الأقل أن هذا الوجود لم يظهر أنه آثار النقاش .

وكرس نيوتن لمسألة الجاذبية بين جزيئات العالم الميكروسكوبي « الكيري 31 » من كتابه « اوبيتيكس » . وقال بأن هذه الجزيئات تخضع لمفعول الجاذبية ، ولكي يفسر لماذا بعض التفاعلات الكيميائية أعنف من غيرها ، فقد افترض أيضاً أن قوة الجاذبية يختلف زخمها بحسب الاجسام التي تتلقى هذا الزخم . والجزيئات الاسيدية تجذب بعنف بالجزيئات المعدنية ؛ فضلاً عن ذلك إن نقل مكان المعادن بعضها لبعض ، في محلول ملحي يدل على أن الجزيئات الاسيدية تجذب من الحديد بصورة اقوى من النحاس ، ومن النحاس أكثر من الفضة ، وذوبان الملح في الماء فهو بفعل قوة الدفع التي تقع بين جزيئات الملح وجزيئات الماء . والتبلور والترشيح هما أيضاً في نظر نيوتن من فعل الجاذبية .

وتفرض أفكار نيوتن على الكيميائيين مفهوماً جسيماً للمادة ، وهذا التصور مقبول عند الفلاسفة وعند الفيزيائيين . ولم تنح الفرصة ، أمام الكيميائيين حتي ذلك الحين كي يحكموا عليه ، لانه لم يكن يتدخل في كيمياء المبادئ . واقترح نيوتن عليهم تحليلاً غير قابل للدحض : إن حث الاجسام لا يمكن أن يتم إلا بالتكسر الى جزيئات لا يمكن تكسيها الى اصغر . وهذه الجزيئات صلبة ولا يمكن تكسيها . وبهذا لم يعرف احد ماء « مستعملاً » (مستفداً) مؤلفاً من جزيئات عتيقة ، يختلف عن الماء العادي : « وبالتالي ، وحتى تكون الطبيعة باقية ، فتلف الكائنات الجسمانية ، يجب أن لا يقوم على غير الانفصالات المختلفة ، وعلى التجمعات الجديدة وعلى حركات هذه الجزيئات الدائمة » .

ولكن الجاذبية الكونية لقيت استقبلاً سيئاً من قبل الديكارتيين الذين رأوا فيها مجديداً لخاصيات التحاب المرفوضة من جانبهم . كما أن الاعمال الأولى المتعلقة بالتآلف قد انتقدت جداً وخاصة في فرنسا .

جدول المؤلفات عند جيوفروا Geoffroy - إن الكيميائي الأول الذي تكلم عن المؤلفات بعبارة علاقة دائمة تقوم بين الاجسام ، والذي وضع جدولاً بهذه العلاقات كان « جيوفروا البكر » ، الذي بفضل علاقاته الوطيدة مع سيرهانس سلوان Sir Hans Sloane ، كان على اطلاع تام بأعمال نيوتن . وقد طبع جدول جيوفروا ، المقدم الى كلية العلوم في 2 آب 1718 ، في سنة 1719 . في هذه المطالعة الأولى ، تكلم جيوفروا فقط عن العلاقات ؛ إن كلمة مؤالفة لم ترد تحت قلمه إلا سنة 1720 .

ويقوم مبدأ هذا الجدول على تصنيف كل الاجسام البسيطة المعروفة ، وكذلك القواعد (Les Bases) والاسيدات ، ضمن صفوف عامودية ، وكانت هذه الاجسام مرتبة في كل صف ضمن الترتيب الذي تنتقل فيه بالتالي من عاليها . ان الاشارات المستعملة هي الرموز التقليدية الموروثة من الكيميائيين ؛ وبعد سقوطها بعدم الاستعمال ، استعادت شباها من جديد . وبلخص العامود الأول انتقال «القواعد» من املاحها ، احدها من الاخرى . وفي أعلى هذا العامود توجد إشارة الاسيدات عموماً ، وفي الأسفل ، وعلى التوالي ، توجد إشارة القلوي الثابت (الصودا أو البوتاس) ، القلوي المتبخر (الأمونياك) ، التراب الممتص (الكلس - المغنيسيا) وأخيراً رمز المواد المعدنية عموماً . وهذا

العامود يعني أن المواد المعدنية ترسب من محاليلها الملحية بواسطة الكلوس ، وهذا يترسب بالأمونياك الذي يحرك بالصبودا والبوتاس . ومن هذا المثل الأول ، يظهر نقص جدول جيوفروا . والكلوس ، أمنع من أن يترسب بالأمونياك ، يحرك هذا الأخير . أما الأعمدة الأخرى فتخصص تباعاً لكل من هذه الاسيدات الثلاثة المعروفة ، ثم لكل من القواعد الثلاثة ، وأخيراً للمعادن .

ونفائض جدول جيوفروا لم تُخَفَّ على الكيميائيين من ذلك الزمن ، فانتقدوه في الحال . إلا أن هذا الجدول يمتاز بأنه يعطي رؤية تركيبية لمجمل التفاعلات الكيميائية ، رغم وجود بعض الاغلاط والثغرات . كما أنه كان لجيوفروا العديد من المكملين .

وكان من الواجب الانتظار حتى تقبل فكرة المؤالفة تماماً . وساعد تقدم الفيزياء النيوتنية على ذلك كثيراً . ولكن تقدم كيمياء ستاهل Stahl لم يكن غريباً عنها .

هذان النظامان من التفكير اللذان كان يتجاذبان العالم العلمي لم يكونا متناقضين ، وإن بدا الثاني وكأنه لا يعرف الأول . فضلاً عن ذلك لقد كانت نظريات ستاهل تعطي نصيباً لفكرة المؤالفة⁽¹⁾ .

كتاب المنستروس لـ بورهارف Boerhaave - في النصف الأول من القرن الثامن عشر كان هرمان بورهاف Hermann Boerhaave هو المؤلف الذي زكى أكثر من غيره مفهوم المؤالفة . وفي كتابه « منستروس » وهو القسم الثاني من كتابه « عناصر الكيمياء » الذي ظهر سنة 1732 ، عالج الطبيب الشهير ، الليدي Leyde (نسبة الى ليد) هذه المسألة « كتب يقول وهو يشرح المنستروس اي المذبيات : يجب أن لا نلجأ هنا إلى الأعمال الميكانيكية أو إلى الدفوعات العنيفة ، أو إلى الميج الطبيعي ، بل لنوع من الصداقة ، إذا أمكن إطلاق هذا الاسم على نزعة إلى الاتحاد » .

واستعمل كلمة مؤالفة ووصفها بأنها قوة أو قدرة جذبية . فالفوران والصفير والضجيج الذي نراه في بعض التفاعلات تنأى كلها من أن كل أجزاء المذيب يجب أن تنضم إلى كل أقسام الجسم المذاب . وكان أسلوبه في التعبير مأخوذاً عن نيوتن الذي أثر فيه بدون شك . وكان يعتقد أن الجزئيات المذبذبة تبقى بحالة ذوبان متناسق ضمن مذبياتها (منسترو) ، رغم الفرق في الوزن ، لأن قوة ميكانيكية كونية شاملة تضغط عليها : « يقول : هذه الخاصية تجعل عناصر جسم ما مجذوبة بعناصر جسم آخر ، وبالتالي مفصولة عن الكتلة التي كانت تؤلفها . وبعد هذا الفصل تجتمع معاً وتشكل أنواعاً من الأجسام جديدة ولا متناهية » . وهكذا تظهر على التفكيكات المزوجة نواة فكرة سوف يعبر عنها بوضوح ، وفيما بعد برتولي Berthollet .

(1) يعبر غيتون دي مورفو Guyton de Morveau ، بهذا الشأن ، بما يلي : « خطأ ستاهل خطوة أولى مهمة جداً عندما نظر في الخلاط ، بموادها المختلفة تخضع لمختلف المذبيات ، وهذه « الثغرات » التي منها يمكن لهذا الجسم أو ذاك أن يهاجم ، (وأنا استعمل تعبيره الذي استعمرناه منه دون أن نحزؤ على ترجمته) .

تقدم فكرة المؤلفات - في الحقبة التي كتب فيها الطبيب الهولندي ، ظهرت جداول أخرى في المؤلفات . وكان المؤلفون الالمان بصورة خاصة هم الذين أولعوا بهذه الأعمال . وقد قدم غيتون Guyton عنهم تقريراً دقيقاً جداً في مقالته بعنوان « مؤلفة » ضمنها المجلد الأول « في الكيمياء » (1786) ، من الموسوعة المنهجية . وازداد استكمال هذه الجداول ، وقد بلغ عندها الـ 20 تقريباً . ولم يكن بينها فرق كبير . أما الاجسام فكانت مرتبة فيها بشكل أكثر مهارة . وكان السائل الناري يحتل مركزه فيها . ولكنها كلها كانت معيبة بعيب رئيسي أخذ على جيوفروا : فقد كانت تركز على مبدأ بأن التفاعلات تتم دائماً باتجاه واحد مهما كانت الشروط التي تحصل فيها . وتوج برغمان هذه الفكرة بحوث طويلة سوف نعود إليها . وقد عمل برتولي على إبطال هذه الفكرة .

وتتابعت المناقشات حول وجود المؤلفات بالذات حتى سنة 1780 . وكانت معارضة هذه الفكرة مثلة أفضل تمثيل بمقالة « الكيمياء » الواردة في الانسيكلوبيديا . ولم يعترف مؤلف المقالة فينيل Venel في الكيمياء الا على مبدئين كبيرين : العلاقات والحرارة . وكان يقصد بكلمة علاقات الأعمال التفاعلات المتتالية التي تتم بين الجسيمات الأولية في المادة . ولكنه امتنع عن الاعتقاد أنها من مفاعيل الصدمات أو الضغط أو الجذب .

ويؤكد أن التفاعل بين الجسيمات يتعلق بالصفات الخاصة في الجسيمات مثل صفة التساوق والتفارق . ولا يجب تشبيهها بالجاذبيات بين الاجرام التي يؤثر بعضها في بعض تبعاً لسرعتها ولوزنها ولتماسكها ولصورها المختلفة . وفينيل حين وضع هذا التفريق بين الجسيم والجرم أراد أن يرسم الحد بين الكيمياء والميكانيك النيوتني . إلا أنه لم يتردد في استعمال كلمة تآلف . حيث يقول : « يكون الكيميائيون سعداء إن استطاعوا إقناع أنفسهم بأن عملية الفوران والتخمير تقوم على التفاعل المتبادل بين بعض الجسيمات الجامدة والمطاطة والتي تنزع بقوة بعضها تحريك بعض ، والتي تتدفق نسبياً مع كمية الحركة ومع مطاطيتها والتي تصادم من جديد للتدفق أيضاً الخ . ولكن هذا التفسير البارح بمقدار ما هو تحكيمي ، تكذبه الاحداث التي تري بوضوح أن حركة التفور وحركة التخمير سببها تصاعد جسم لطيف وقابل للانتشار ، تصاعد تحدته القوانين العامة للمؤلفة أي محدته مبدأ قليل الميكانيكية » .

الرياضيون وبوفون Buffon - قبل الرياضيون بلون ممانعة فكرة المؤلفات التي يعتبرونها أكثر أهمية ، من أجل تطور الكيمياء مستقبلياً ، من نظرية السائل الناري ، وهذا الاتجاه بدا واضحاً في مقالات الانسيكلوبيديا التي حررها دالمير d'Alembert .

وحوالى 1745 أصدر كليرو Clairaut الفكرة القائلة بأن قانون مربع المسافات لا يطبق على تجاذب الجسيمات ، وهناك قوانين خاصة لا بد من اكتشافها بالنسبة الى الظاهرات من هذا النوع . ونظريته حوربت من قبل بوفون الذي قدم عرضاً إجمالياً في كتابه «نظرة ثانية الى الطبيعة» (1765) . وصرح بأن ذات القانون يطبق على كل الظاهرات الجذبية ، سواء ما تعلق منها بالتجاذب الكوني أو بالتفاعلات بين الجسيمات التي تشكل المادة ، بل إن القانون العام يمكن أن يستخدم لحساب الشكل ،

الذي لم يكن بعد قد تكون ، شكل هذه الجسيمات .

وأعطت كتابات بوفون المفروءة جداً تذكية جديدة للمؤلفات التي لم يكن مبدؤها يشير أية انتقادات . ولكن المسألة تعقدت بسرعة . إذ إهتم أكثر الكيميائيين في أواخر القرن الثامن عشر بالمؤلفات ، حتى لافوازيه الذي كان يومئذ مستغرقاً في مسائل أخرى أشار الى أن المؤلفات وحدها هي التي تسمح بإعطاء الكيمياء الوضوح الرياضي الذي يميز كل علم .

ومن جهته اكتفى بوضع ترتيب للمؤلفة مختلف الأجسام مع الأوكسجين . ويبدأ يومئذ بتمييز عدة أشكال من المؤلفات ، بعضها يبرز ظاهرات فيزيائية مثل التماسك ، والالتحام ، والتبلر ، وبعضها الآخر يوضح بعض التفاعلات الكيميائية . ولكن الغموض الأكبر كان يسود يومئذ المجالين من الأحداث ، كما تدل على ذلك التجارب الأولى التي أجراها غيتون دي مورفو سنة 1772 لكي يرقم المؤلفات ، علماً بأن هذه التجارب كانت تعود في الواقع الى تماسك السطوح المعدنية مع الزئبق .

برغمان Bergman والجاذبيات الانتقائية - وأخيراً جرى البحث حول عدم وجود مؤلفة خاصة لكل نوع من التفاعل . وكان بومي Baumé الاول ، على ما يبدو ، سنة 1773 ، الذي ميز التفاعلات الناشئة عن التفاعلات الرطبة . وميز برغمان ، الذي كان يتكلم عن الجاذبية الانتقائية ، لا عن المؤلفات ، بين الجاذبية البسيطة والجاذبية المركبة . وتطبق هذه الأخيرة على التفاعلات ذات التفكك المزدوج ، التي دخلت هكذا ، لأول مرة ، في مسألة المؤلفات .

وقد جرت بحوث برغمان حول هذا الموضوع ، وتويعت طيلة ما يقارب من عشر سنوات ، بعناية دقيقة ومهارة تميز بها الكيميائي السويدي . ومجمل هذه النتائج نشر في كتابه « بحث في المؤلفات الكيميائية أو التجاذبات الانتقائية » .

وتصرف برغمان بالشكل التالي : نظر في عدة أجسام سماها a,b,c,d ، صنفها بالنسبة الى جسم A ؛ مثل ذلك القلوي ، الباريت ، والكلس والمنغنيز ، بالنسبة الى الأميد الكبريتي . وكان يعمل بالمخلول ويراقب ، بالتتابع ، نتيجة فعل الاجسام الثلاثة الأولى a,b,c على المركب Ad المتكون من الجسم الرابع d ومن A . ثم عمل ، بعد ذلك ، نفس الشيء مع Aa,Ab,Ac . فاذا تحول المركب الموضوع أمام c ، الى Ac ، مع تحور d ، استنتج برغمان من ذلك أن A فيه مؤلفة نحو c أكبر من مؤلفته d . وهكذا دواليك :

وتضمن الجدول الذي وضعه برغمان وفقاً لهذه الطريقة 59 عاموداً . وعدا عن هذا العدد الذي لم يبلغه احد ، لم يتضمن الجدول اي تحديد ، إلا قليلاً . وخصص أحد الاعمدة لمؤلفات الهواء الحيوي (اوكسجين) . وقد فرق برغمان بين التفاعلات الرطبة والتفاعلات الجافة . والنوعان جمعاً في جدولين متفرقين . كما وضع ايضاً جدولاً بالمؤلفات المزدوجة يتضمن 64 عاموداً .

ورغم التزامه مبدئاً اعتبار التفاعلات وكأنها كاملة وثابتة ، فقد أقر الكيميائي السويدي بعض

الاستثناءات . وعرف أن زخم النار يمكن أن يفسد نظام الاستبدالات . وناقش أيضاً الحالة التي تتواجد فيها ثلاثة أجسام معاً . وأخيراً رجع إلى أسلوب في العرض الموجز للتفاعلات كان قد ابتكره الانكليزي جون اليوت John Elliot سنة 1782 .

وكانت الرسيمات تتألف من 4 ضامات مرتبة بشكل بحيث تؤلف رسماً ذا أربع جهات . ومثلت الاجسام الموضوعه للتفاعل برمز تقليدية ، ووضعت على وجه أو آخر من الالوجه الاربعة ؛ أما مكوناتها فقد مثلت متجمعة ثم متفرقة ، وذلك لاعطاء صورة عن ظاهرات التفكك المزدوج .

وقلما استعمل هذا الأسلوب ، ولكن من المفيد أن نشير إلى هذا الاهتمام وهو إيجاد تمثيل مكتوب للتفاعل الكيميائي الذي سوف يرتدي بعد 20 سنة أهمية أكبر . في عصر برغمان اصنع لافوازيه أيضاً المعادلات الكيميائية . وأثناء اصلاح الجدول الكيميائي (نومونكلاتور) ابتكر كيميائيان شابان أدت Adet ، وهسنفراز Hassenfratz ، ترقباً جديداً رمزياً يتوافق مع نظام التصنيف الحديث . وهذا الترقيم لم يستعمل هو أيضاً .

2 - من المؤلفات إلى النظرية الذرية

استعمل اليوت Elliot نظامه ذا الرسيمات ذات الضامات ، وذلك ليصور تقيماً رقمياً لقوى المؤلفات . وهذا التقييم العملي أتاح له أن يتنبأ باتجاه التفاعل عندما يتم مزج محلولين ملحين .

وكان يرى أن قوى المؤلفات تساوي 9 بين البوتاس والاسيد الكبريتي ، وتساهي 2 بين اوكسيد الفضة وأسيد نيتريك ، وتساهي 8 بين الأسيد نيتريك والبوتاس ، وتساهي 4 بين أسيد الكبريت وأكسيد الفضة . وإذا سكب فوق محلول من سلفات البوتاس محلول نترات الفضة ، وبما أن مجموع مؤلفاتها يساهي 9 + 2 ، أي أقل من مجموع مؤلفات نترات البوتاس فع سلفات الفضة (= 8 + 4) ، فإن هذين الأخيرين يجب أن يتكونا بشكل حصري .

الانحراف في البحوث حول المؤلفات . اهتم العديد من الكيميائيين بالمؤلفات بخلال السنوات الـ 20 الاخيرة من القرن ، إهتماماً دائماً . وحاول كيروان في اسكتلندا ، ويسومي وغيتون وفوركرودا في فرنسا وونزل وريختر Wenzel, Richter في المانيا ، وضع قوانين تحكم بوصرح هذه الظاهرات . وكانت المناقشات طويلة وغامضة نوعاً ما . وكان عدد المؤلفات يزداد مع كل مؤلف . ونحن نقف فقط أمام واقعه ذات أهمية رئيسية بالنسبة إلى تاريخ الكيمياء . واقتداء باليوت Elliot ، حاول الجميع أن يرقموا قوى المؤلفات . وبدون هذا التيار الجديد كان يمكن أن يظل يجعل البحوث حول المؤلفات ، التي جرت بخلال القرن الثامن عشر ، بدون نتيجة . وبالفعل توقف الكيميائيون فجأة عن الاهتمام بهذه المسألة ، بعد أن خيهم بدون شك فشل جهودهم ، وبعد أن اطلعوا بفضل مذكرات برتولي على تعقيد هذا الموضوع ، أو أنهم أخذوا بمواضيع جديدة . ولم يبق من هذه النار المشيمية حتى ولا أي دخان . وبدت الكيمياء الكهربائية لفترة من الزمن وكأنها قادرة على تقديم مظهر

آخر للمسألة ، ولكن هذا لم يدم . وإذا كان وجود قوى المؤلفات قد أصبح مقبولا ، فإن أية محاولة ، لم تجر طيلة القرن التاسع عشر من أجل تحديد ماهيتها .

إلا أن هذه الجهود الطويلة لم تذهب بدون فائدة . فقد ولدت الحاجة الى ادخال العدد في التعبير عن التفاعل الكيميائي . وكان الهدف من هذه المحاولات ، في بداية الأمر ، هو قياس ، إن لم يكن القيمة المطلقة لقوى المؤلفات ، فعلى الأقل قيمها النسبية . ولكن سرعان ما إنتقل الهدف الى تقييم النسب الوزنية التي تتحد فيها العناصر لكي تشكل مركبات محددة .

لقد ظلت الكيمياء بصورة أساسية نوعية كيفية . وإذا كان لافوازيه قد وضع نظامه ، مبتدئاً بقياسات دقيقة ، فإن هذه القياسات كانت تهدف فقط الى تحديد عدد العناصر التي تشكل مركباً ، أو لبيان أن مثل هذا العنصر كان جسماً بسيطاً وليس جسماً مركباً . وقد هدفت كل قياسات لافوازيه الى تخليص الكيمياء من المبادئ التي لا يمكن وزنها والتي كانت تسيطر على النظريات منذ عشرة قرون ، وكانت هذه القياسات تهمل بصورة مؤقتة كل الفرضيات حول تركيب المادة وحول النسب الوزنية للعناصر فيها بينها .

في الحقبة التي بلغ فيها عمل لافوازيه ذروته فرضت الضرورة نفسها بادخال العدد في الترقيمات الكيميائية .

قوة الاسيدات - في سنة 1775 ، عرّف برغمان بأوزان الاسيدات : السولفوريك ، النيتريك ، الكلوريدريك والكاربونييك التي تتحد مع الصودا والبوتاس . ولكن ، رغم المعرفة الجيدة . بهذه الاجسام ، فلم تكن هناك وسيلة دقيقة لتحديد المعيار الاسيدي أو القاعدي لكل منها . ولذا ظلت كل التقديرات تقريبات لا يمكن استخدامها لوضع جدول عام بالنسب الوزنية . وكانت الصعوبة تكمن في انتقاء جسم معياري يستخدم كنقطة انطلاق لكل النظام . وإذا كان معروفاً منذ زمن بعيد تمييز أسيد قوي عن أسيد خفيف ، فقد كنا نجهل دائماً كمية الأسيد الموجودة في سائل أسيدي معين . لقد صنع بومي Baumé بصورة عملية ، في سنة 1768 ، ميزانه الشهير هذا الوزن الثابت ، وقد عمل نجاحه على اعطاء سلم وحيد للوزن النوعي (دنسيمتري) ولكن الأمر يومئذ لم يعد مقارنة مختلف السوائل فيما بينها ، وليس وزن المركبات المطلقة .

ويعود الى كيروان فضل اكتشاف أول منفذ . فقد أوجت له مذكرة برمتلي سنة 1772 حول الاسيد كلوريدريك فكرة استعمال الغاز أسيد لاعداد محلول معياري . فبدأ بتشييع كمية محددة من الماء بالاسيد مورياتييك (كلوريدريك) ، معيّراً وازناً حجم الغاز المصوص ، مع تحديد زيادة وزن الماء المشبع ، ثم وضع المطابقة بين الانتقال النوعية لمختلف محاليل الاسيد ومقدار ما فيها من أسيد حقيقي .

وأخيراً أجرى معايير القلوويات المكرينة بواسطة محلول معياري معروف . واستطاع بالتالي الانتقال الى تعيير محلولات الاسيدات الاخرى مستخدماً محلولاً قلوياً معيارياً . وكان الأول ، بين

1782 و 1792 ، في وضع التركيب الوزني لبعض الاملاح .

في نفس الحقبة ، قام كارل فردريك ونزل Karl Friedrich Wenzel (1740-1793) ببحوث أيضاً لتقييم قوة الاسيدات . ولاحظ من أجل هذا ضربة المعادن بالاسيدات ، خلال فترة معينة . وسنداً لحسارة الوزن في اسطوانات معدنية متشابهة مغطسة في مختلف الاسيدات ، لمدة ساعة ، استطاع أن يصنف الاسيدات بحسب مؤالفتها لهذا المعدن . أما فوركروا Fourcroy الذي كان يجرب بدوره ، متأخراً قليلاً ، قياس المؤالفات ، فقد ركز أعماله على مبدأ مختلف . فقد قدر أن المؤالفة تقاس لا على أساس تكوين مركب ما ، بل بسهولة تفككه .

وأعطى كمثال نيترات الزئبق المحصول عليه بتذويب الزئبق بواسطة الاسيد نيتريك ؛ أن مؤالفة هذين الجسمين كان يجب أن ترفع اذا حكم على ذلك بواسطة هذا التفاعل . ولكن إذا اعتبرنا أن النيترات سهل التفكك بالحرارة ، فمن الواجب القول بأن هذه المؤالفة كانت أقل بكثير من مؤالفة المعدن بالنسبة الى الاسيد كلوريدريك ، لأن كلوريد الزئبق المحمي يتطاير ولكنه لا يتفكك .

التفكك المزدوج والنسب الوزنية - لم يكن القسم الأول من أعمال ونزل Wenzel الا القليل من النتائج . الا أن ونزل اهتم أيضاً بالتفاعلات ذات التفكك المزدوج ، ولاحظ أن مزيجاً ما من محلولات الاملاح الحياضية ، يعطي محلولاً حياًضياً حتى ولو ترسب احد الاملاح . فاستنتج من ذلك أن الجزء من القاعدة الذي يحيد أسيد الملح يحيد أيضاً أسيد الملح الثاني .

مثلاً إذا عملنا بواسطة نيترات البوريت وسولفات الصودا ، نرى أن الصودا تحيد تماماً القسم من الاسيد نيتريك الذي كان متحلاً بالباريت ، وبالعكس يحيد الباريت كمية الاسيد الكبريتي المتحدة مع الصودا . وإذاً تستطيع كميات محددة من الصودا ومن الباريت أن تحيد نفس كمية الاسيد نيتريك أو نفس للكمية من الاسيد الكبريتي .

إن استنتاجات ونزل ، المستمدة من تحليلات عديدة اجريت ببراعة قصوى ، قد نشرت في كتابه :

Lehere Von Der Verwandtschaft Der Korper (Dresde, 1777).

وقد قرىء هذا الكتاب وشرح طويلاً من قبل غيتون دي مورفو ، وخاصة في المقالة : « مؤالفة » من « الموسوعة المنهجية » . إلا أن هذه النتائج الاخيرة ليست هي التي استلقت انتباه الكيميائي الدييجوني، إن نظرية النسب المحددة مرت غير منظورة خاصة وإن ونزل نفسه لم يفكر ، أنه اكتشاف قانوناً مهماً ، وأنه قد يحدث أن يكون احد المكونات زائداً في المحلول المتواجد مع المحلول الآخر ، وهذا مخالف للحقيقة . في المقابل ، قارن غيتون نتائج ونزل المتعلقة بسرعة التفاعل بنتائج كيروان وويرغمان . وقد ربط الكيميائي السويدي قوة الاسيدات بكمية كل أسيد لازم لاشباع مئة جزء من قاعدة؛ واعتبر الكيميائي الاسكتلندي أن الاسيدات تكون أقوى كلما احتاجت كمية من الاسيد،

محدده من كل منها ، الى كمية أكبر من القاعدة لكي تصبح مشبعة ، هذه الطرق الثلاث ولدت جداول تركيب عدد كبير من الأملاح التي قارن بينها غيثون طويلا ، بدون نتيجة غير أنها متنافرة .

والإيهام في كل هذه البحوث والتأويلات الكثيرة التي رافقتها ، تفهم أهمية العوائق التي كان يصطلم بها أفضل المحللين في ذلك الحين . ففي كل مرة تقف أمامهم مسألة جديدة ، كان الكيميائيون الأولون الذين يحاولون دراستها ، يتخبطون دون أن يتقدموا . والواقع أنهم عندما كانوا يعرفون قليلاً قليلاً مظهر القضية ، كانوا يقتربون من الطرق الفعالة دون أن يعوها هم أنفسهم .

وبعد هذه السلسلة من الأعمال جاءت أعمال عالم بالمعادن المالي ج. ب. رينجر (1762-1807) J.B.Richter . لم يهتم رينجر بقياس قوى المؤلفات ، ولكنه حاول أن يضع علاقات رقمية في تركيب مختلف الاجسام . وعاد من أجل هذا الى ظاهرات الترميب التي لفتت انتباه ونزل .

وعثر رينجر على نفس النتائج ، واكتشف أخرى جديدة ، واقر ، بأسلوب أكثر وضوحاً من ونزل ، أن المكان أو الوسط يبقى حياً بعد تفكيك مزدوج ، مما أعطى عمومية أكبر لفكرة النسب المحددة ، هذه العمومية التي تنظم اتحاد القواعد بالاسيدات . فضلاً عن ذلك لقد أقر سلماً تناسبياً بين مختلف القواعد التي تتحد مع نفس الأسيد كما وضع أيضاً سلماً آخر بين كميات الاسيدات المختلفة التي تتحد بنفس القاعدة . ووجد أن السلم الأول يتصاعد وفقاً لتصاعدية حسابية والسلم الثاني وفقاً لتصاعدية هندسية .

ولم تكن نتائج رينجر دائماً مضبوطة ، وقد عثر شراحه على أنه ضبط هذه النتائج لكي يبرر أفكاره وأدت هذه الملاحظة الى نوع من عدم الثقة بأعماله . ورغم ذلك يبقى مبدأ النسب المتعددة من نتائج ملاحظاته . وقد عرض ، بهذا الشأن نظرية « العناصر المحددة » ونظرية العناصر « المحدودة » ، وبموجب هذه النظرية تكون أجرام سلسلة من العناصر المحددة ، بالنسبة الى عنصر محدد (مثلاً سلسلة القواعد بالنسبة الى الأسيد) ، هذه الاجرام هي بنفس نسب أجرام من سلسلة أخرى مؤلفة من نفس العناصر المحددة ، إذا قورنت بعنصر ثانٍ محدد (نفس سلسلة القواعد بالنسبة الى أسيد ثانٍ) .

القوانين الأولى في القياسية - هذا المبدأ يتيح حساب معادلات القواعد والاسيدات التي تشكل نظاماً متماسكاً . وهذا ما قام به ولاستون Wollaston في انكلترا وج. ي. فيشر G.E.Fischer في المانيا .

شكلت كتابات رينجر سلسلة طويلة نشرت ابتداء من 1792 تحت عنوان « ايهندلن ... شيميا » ولم تقرأ هذا الكتابات كثيراً بسبب غموضها ومن جراء ان رينجر ، وان قبل بنظرية الاوكسجين التي قال بها لافوازييه ، فقد استمر يعطي مكانة للسائل الناري . في هذه الاثناء تولى ج. ي. فيشر شرحها ، أثناء ترجمته في سنة 1802 مذكرات برتولي حول الستاتيك الكيميائي . وبحسب رأي ورتز Wurtz اطلع برتولي على أعمال رينجر من خلال نشرات فيشر . أما دالتون فلم يطلع عليها ، من جهته قبل ايلول سنة 1803 .

وفي أواخر القرن الـ 18 كان هذان المفهومان الأساسيان حول العلاقات المحددة والعلاقات المزدوجة معروفين ومقبولين . إلا أنها لم يؤخذ بالاعتبار جدياً إلا بعد مضي 10 أو 15 سنة ولم تعتمد كقوانين أساسية إلا في أواخر القرن الـ 19 . وتكرار نفس الظروف ، آخر بشكل غريب انتشار هذه المفاهيم . أما كتابات ونزل ثم كتابات ريمتير فكانت ذات قراءة منفرة بسبب غموضها . ولهذا درسها القليل من المعاصرين بشكل دقيق . وفيما بعد ذلك بقليل أصبح برتولي الكيميائي الأكثر قدرة على فهمها ، فقبل النتائج التي تحتويها ، رغم أن مناظرته مع بروست Proust قد توحي بأنه يرفضها . ولكن كتاب «ستاتيك شيميك» لبرتولي (1803) بدوره قد نفر القراء . فهذا الكتاب وقد كُتب بانشاء ثقل ومعقد قد شرح أفكاراً متقدمة جداً عن عصرها بحيث لا يمكن أن تسترعي انتباه الكيميائيين في بداية القرن الـ 19 .

اكتشافات نهاية القرن الثامن عشر - لقد انتهى القرن 18 في غليان من الأفكار ، ينشأ بجدة عظيمة ، دون أن يستطيع أي من المتخصصين تصور كيف أن تطبع الكيمياء بهذه الحاققة وتأسيس كيمياء الغازات ، والبحوث حول المؤلفات قد اعطى لتطور الكيمياء حركة سوف تتفاعل بتزايد جدول (كانالوغ) الاجسام المعروفة باستمرار .

فإلى جانب الاكتشافات الكبرى التي سبقت الإشارة إليها طلعت اكتشافات أخرى كثيرة . وكان القسم الأكبر منها يعود الفضل فيه إلى المدرسة السويدية المشرقة ، مدرسة برغمان وتلامذته .

وأمتدت سلسلة اكتشافات شيلي الطويلة والشهيرة من 1767 الى 1786 سنة وفاته ، فإلى شيلي يعود الفضل في تحضير الاوكسجين والكلور انطلاقاً من أوكسيد المنغنيز ، المسمى حتى يومئذ الماغيز السوداء ، ثم اكتشاف الباريت (1774) والأسيدات الموليديك (1778) والتنفستي (1781) . وهذه الاكتشافات أدت الى اكتشاف المنغنيز على يد تلميذ برغمان هوج . ج ، غاهن J.G. Gahn ، وإلى اكتشاف الموليبدن على يد السويدي هيلم والتنفستين على يد جوان جوزي Juan José دي الويار . وعزل شيلي أيضاً العديد من مركبات المملكة العضوية ، وأهمها الغليسرين (1783) ثم سلسلة الاسيدات العضوية : تارتريك (1769) فورميك (1774) والبولىك (1776) الذي اكتشفه بذات الوقت ايضاً برغمان Bergman ، ثم اللاكتيك والموسيك (1780) والسيتريك والاكوزاليك (1784) ، والماليك (1785) والغاليك (1786) . وفي سنة 1782 ، اكتشف شيلي الاسيد بنزويك وعثر على طريقة لتحضير الاثير الاسيتيك الذي كان لوراغي Lauraguais قد حضره سنة 1759 ، وفي سنة 1777 اكتشف سويدي آخر ارفيدسن Arvidson الاثير فورميك .

وبذات الوقت تم العثور على نوعين من الكاربور الهيدروجيني وهما الميثان الذي استخرجه فولتا Volta من غاز المستنقعات 1778 والذي درسه برتولي Berthollet سنة 1785 . ثم الاثيلين الذي اكتشف سنة 1796 ، من قبل أربعة كيميائيين هولنديين : بوندت Bondt ، ديغان Deiman ، فان تروستويك Van Troostwyk ولورنبرغ Lauwerenburg .

وأعطاه هؤلاء اسم الغاز الزيتي ، لانهم لاحظوا أنهم عندما يضعونه مع الكلور وتعريضه لضوء الشمس ، يعطي سائلاً زيتياً (كلورير الاثيلين) . وقد ظل هذا السائل يسمى لفترة طويلة « شراب الهولنديين » .

نحو نظرية دالتون Dalton - هذه الاكتشافات الاخيرة كان لها في ذلك التاريخ أهمية خاصة لانها أوضحت ، بدون شك جزئياً ، الى دالتون بالتأملات التي قادته الى وضع نظامه حول الذرات الكيميائية . وهذه المسألة سوف تعالج بتفصيل في المجلد الثالث من هذا المؤلف . ولانهاء هذا الفصل ، يكفي أن نلاحظ أن نظرية دالتون قد جاء وقتها . لقد حضرت بفضل كل الانقلابات الكبرى التي عملت على تجديد المناخ الذي عاشت فيه الكيمياء ، وبشكل اذق ، بفضل تطور البحوث المتعلقة بقياسات المؤلفات الكيميائية . وكان لهذه البحوث ، رغم مظهرها غير المثمر انعكاسات عميقة منذ السنين العشر الأولى من القرن التاسع عشر ، إن فكرة نظام ذري بالذات ، قد صيغت منذ 1789 من قبل الكيميائي الايرلندي هيجنس Higgins في مؤلفه « مقارنة بين نظرية الفلوجيستيك (السائل الناري) وعدمه » . فكل الاجسام كانت مؤلفة ، برأيه من ذرات ذات أوزان متشابهة ، تتحد نسبها البسيطة جداً لتشكيل مختلف المركبات . وقد رأى هيجنس تماماً ، مثلاً أن اوكسيدات ذات العنصر تختلف فيما بينها بعدد الذرات الاوكسিজينية المثبتة في هذا العنصر ؛ ولكنه توصل ، وهو يعزو الى كل الذرات أوزاناً متساوية ، الى نتائج غير متألّفة مع الوقائع المقررة في ذلك الحين . وفرضية هيجنس ، ربما كانت شطحة قلم ، فلم تسترّع انتباه أحد ، حتى انتباه مؤلفها . وبعد خمس عشرة سنة كان الجرو العلمي غتلفاً ولفتت فرضية دالتون كل الافكار ، حتى أفكار الذين رفضوها من قبل .

الكتاب الثالث :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :

المسائل الكبرى في البيولوجيا

I - تصنيف ووصف العالم الحي

السابقون - إن فكرة ترتيب الفوضى الظاهرة في الاشكال الحية ، بدت ، باكراً ، أمام ذهن علماء الطبيعة ، وربما كان ج . ب . تورنفور J.P. de Tournefort (1708-1656) هو أول من حاول وضع نظام طبيعي من التصنيف ، ويقول آخر نظام تأسس على الايمان بالحقيقة الموضوعية كالأصناف والاصناف والطبقات « (ج . ف . لوروا J.F.Leroy)⁽¹⁾ . وبذات الوقت تقريباً عكف جون راي John Ray في كتابه الضخم المسمى « تاريخ النباتات العام » (1704-1686) بدوره أيضاً على توزيع النباتات توزيعاً جذرياً ، وبصورة خاصة على توضيح مفهوم النوع وربطه بمنشأ مشترك .

عمل ليني Linné - استكمل عمل تورنفور وراي وطور على يد ليني Linné الذي اقترح ، من أجل تصنيف النباتات ، نظاماً جنسياً ، مؤسساً على اعتبار السداة . وسدا استخدام هذا النظام سهلاً للغاية من أجل تحديد الأنواع بشكل وضعي ، إلا أنه لا يابه الا لصفة واحدة في الزهرة ، لقد كان صراحة نظاماً اصطناعياً ، وبهذا الشأن ، بدا متأخراً عن المحاولات السابقة⁽²⁾ . وكان ليني قد اعتبره كذلك ، دون أن ينسى ان هدف عالم الطبيعة هو إقامة أنظمة طبيعية قادرة على التعبير عن المؤلفات الحقّة بين الكائنات . ولهذا جهد أن يقسم المملكة النباتية الى أقسام طبيعية ، وعندما طبق على الزولوجيا فكرة التصنيفي ، وزّع الحيوانات بشكل طبيعي ممكّن في زمنه وذلك اخذاً في الاعتبار ليس فقط السمات البنيوية الخارجية بل أيضاً التشريح الداخلي ، وبصورة خاصة تكون القلب واعضاء التنفس والتناسل ومن مزايا ليني الكبرى أنه ادخل في كل التاريخ الطبيعي التصنيف « الثنائي » وسمي كذلك لأنه اي التصنيف يعبر عن كل نوع حي بكلمتين اسم يدل على النوع ، ونعت يدل على الصنف . ويستخدم النوع للتسمية المشتركة بين كل الاصناف التي تشكل مجموعة طبيعية : مثلاً إن النوع « فيليس » يتضمن مختلف الأنواع الفليس دومستيكوس (الهرة) ، والفليس كاتوس (الهر البري) ، والفليس ليو (الاسد) والفليس بزدوس (العسبر) نوع من النمر) .

(1) راجع الفصل الأول حول النبات في الكتاب الثاني من القسم الثاني .

(2) ستدرس أعمال ليني فيما بعد .

وهذا الجدول المبسط والموحد ما يزال ساري المفعول في أيامنا ، مما يشهد له ، على الأقل ، بسهولة الاستعمال والقيمة العملية العالية . وهذا التصنيف قدم خطاً هادياً واضحاً وأكداً سوف يسمح لعلماء الطبيعة أن يتابعوا بمنهجية مهمتهم الضرورية في الترتيب والتسلسل .

ورغم فضله الضخم ظل عمل ليني نوعاً ما قاسياً وشكلياً . وسوف تدخل عليه بعض المرونة والدقة على يد خلفاء ليني Linné : برنار جوسيو Bernard de Jussieu ، انطوان لوران جوسيو Antoine Laurent de Jussieu ، وبصورة خاصة ربما من قبل ميشال آدانسون Michel Adanson الذي اعطى دفعة عظيمة للطرق الطبيعية في التصنيف مشيراً إلى أهمية مفهوم الاسرة الذي سبق وتيمه بيار ماغنون Pierre Magnol سنة 1689 .

بوفون Buffon خصم ليني Linné - كان من اشهر معاصري ليني Linné جورج لويس لوكرك دي بوفون Georges Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) وكان في البداية فيزيائياً ورياضياً ، ثم عُين سنة 1739 اميناً عاماً لبستان الملك ، فتخصص بعدها كلية في تأليف ووضع « تاريخ طبيعي » ظهرت مجلداته الأولى سنة 1749 . وكان عالماً بالحيوان والجيولوجيا والمعادن وفيلسوفاً بيولوجياً ، كما كان أيضاً كاتباً كبيراً . أما مؤلفاته الرئيسية فهي : « نظرية الأرض » (1749) ، « حقب الطبيعة » (1778) ، تاريخ ذوات الاربع (12 مجلداً ، 1755 ، 1767) تاريخ الطيور (9 مجلدات ، 1770-1783) ، « التاريخ الطبيعي للانسان » (1749) وأراد بوفون في كل تأليفه حول علم الحيوان أن يعارض أفكار وطرق ليني⁽¹⁾ . وعمل على تفصيل الجدولة الثنائية التي تضع الحمار ضمن فصيلة الحصان ، ووجد أنه من الأبسط ، « ومن الاقرب للطبيعة ومن الاقرب الى الحقيقة » القول بأن الحمار هو حمار ، بدلاً من تحويله من دون سبب الى حصان : « ليس من الأفضل ان نلحق بالحصان الذي هو وحيد الحافر الكلب الذي هو مُشتق الرجل والذي اعتاد ان يتبعه ، بدلاً من أن نلحق به حماراً وحشياً لا نعرفه الا قليلاً ، والذي لا تربطه بالحصان الا وحدة الحافر ؟ » (التاريخ الطبيعي مجلد 1) .

لم يستطع بوفون ، في كتبه اللاحقة ، وبصورة خاصة في كتابه الجميل « تاريخ الطيور » ، إلا أن يسلم بالتصنيف المنهجي وإلا أن يأخذ بالمؤلفات البنيوية اكثر من اخذه « بعلاقات المنفعة والتألف » . ولكنه استمر يعتقد : أو على الأقل يصرح بأن الأنواع والطبقات والترتيب لا وجود لها إلا في خيالنا ، وإنه لا يوجد في الطبيعة إلا الافراد .

بوفون Buffon ووصف العالم الحيواني - رغم تحيز بوفون وعناده ، واحتقاره القظ ، وكلها

(1) وكما قال فلورانس Flourens : يجب أن يؤخذ ليني كثيراً لأنه وجد من السيء أنه وضع الحصان بجانب حمار الوحش . أما ليني فقد كتب الى صديق له : « أني انتظر بفارغ الصبر المجلدات الجديدة لمسيو بوفون . فقياً خص الطريقة الطبيعية بدأ بالحصان والكلب . وهذا يكفي : لقد رأيت المنظر وانتظر المراس » .

تعود ، كما ذكر ذلك فلورنس Flourens الى أنه ، في بداياته كان رياضياً أكثر مما كان عالماً طبيعياً ، فقد كان وصافاً مدهشاً لأشكال الحيوانات . كان مختلفاً تماماً عن ليني ، باحثاً عن التمييز بواسطة التفصيل ، أقل مما كان في بحث الحياة بالمجمل ، وكان موهوباً أكثر بالنسبة الى الصورة الكبرى منه بالنسبة الى الصورة المصغرة ، وكان بارعاً في التركيب أكثر من براعته في التحليل ، وكان يضحى أحياناً بالدقة الشديدة أمام مفعول الانشاء ، دون أن يستحق اسم « الانشائي الخالص » ، الذي أطلقه عليه دالمبير d'Alembert . وقدم لعلم الحيوان خدمة ضخمة ، ليس فقط بأوصافه الفخمة لذوات الاربع وللطيور ، وبالصفات المدهشة لانشائه الذي سوف يجتذب الى العلوم الحياتية جمهوراً واسعاً ، بل أيضاً بوجهات نظره الجديدة التي ادخلها في دراسة الحيوانات .

وبالنسبة الى كل من الحيوانات التي نظر بها ، جمع كل المعطيات المتعلقة بما نسميه اليوم « بيولوجيا النوع » : سرعة النمو ، عمر البلوغ التناسلي بالنسبة الى الذكر والى الانثى ، مدة الحمل ، عدد الصغار في الحمل الواحدة ، العمر الذي ينتهي عنده الاخصاب بالنسبة الى كل جنس ، التنامب الجنسي ، الاستعداد للتهجين ، التنوع العرقي ، الاستثناءات ، العناية من قبل الام ، السلوك ، الغرائز ، الاصوات الخ .

وقد حاول بوفون أن يضع قوانين ، وعلاقات بين الاخصاب والقامة ، بين حالة التدجين والاخصاب ، بين القابلية للتهجين والعلاقة الجنسية ، ولم يكتفِ بعالم كبير ، بالجمع ، وبتفسير أعمال الغير ، بل أضاف اليها ملاحظات وتجارب شخصية . وهو أبعد ما يكون عن العالم الطبيعي « المكتبي » ، أو عالماً مجتمعياً ، كما تصوره بعض الاساطير ، بل عاش على اتصال بالطبيعة . وفي مونتباز رتب مداجن للمراقبة ، وحقراً حيث يربي الدببة والاسود . وقد حاول أن يزواج بين الكلب والذئب وبين الارنب البري والارنب الأليف ، وبين التيس والغنمة ، لأنه كان يعرف أهمية مثل هذه المحاولات من اجل توضيح فكرة النوع .

الفلسفة الحيوانية عند بوفون - فضلاً عن ذلك ، ان بعض أفكاره التي عبر عنها تساوي كما يقول كوفيه Cuvier اكتشافات حقبة . فقد ركز على وحدة خطة التنظيم في الطبيعة وكان أحد الاوائل الذين تكلموا عن الاجناس البائدة - عن هذه الحيوانات التي وجدت والتي لم تعد موجودة اليوم . وقد أشار الى الفرق بين نباتات العالم القديم والعالم الجديد (أ . ل . جوسيو A.L.de Jussieu سبق أن أشار الى هذا الفرق بالنسبة الى المملكة النباتية) ، وبهذا جذب الانتباه الى التوزيع الجغرافي للكائنات .

وأخيراً لم يكن فقط العالم المتخصص بالحيوانات ، بل كان أيضاً من أوائل العلماء الطبيعيين العارفين بالانسان ، وقد صنّفه تماماً في سلم الحيوانات . وفيما خص اوران أوتان Orang-Outan كتب يقول « أنه يمكن أن يعتبر أول القروء وآخر البشر ، لانه لولا نفسه ، لا ينقصه شيء مما لنا ، ولانه يختلف قليلاً عن الانسان أي أقل مما يختلف عن بقية الحيوانات التي أعطيت نفس اسم القرد » . (تصنيف القروء) .

ومن الناحية الفلسفية ، يتكلم بوفون في أغلب الاحيان كتجسدي . فهو يعزو منتهى القدرة الى الطبيعة ، ويرفض عجائية أولئك الذين ، يتصورون مثل ريو مور Reaumur لها شديداً الاهتمام بكيفية طي الجراة جناحها .

عمل دوينتون Daubenton - كان المعاون الرئيسي لبوفون ، لويس دوينتون (1716-1800) Louis Daubenton الذي أعطت فرامته ومعرفته العميقة بالتشريح أساساً متيناً لمشروع بوفون . فهو الذي كان يقوم بكل التشريحات وهو الذي كان يحضر القطع ويدرسها ، ويرتبها في المجموعات الخاصة في بستان الملك ، الذي سرعان ما تحول الى متحف عام واسع .

وكان دوينتون احد منشئي التشريح الوصفي للحيوانات العليا ؛ وعندما نضج في السن انصرف الى البحوث في التدجين وهدفه تحسين أنواع الضأن عند طريق الانتقاء⁽¹⁾ .

II - مسألة تكون الأنواع

سيادة الثبوتية - بعد راي Ray ، وبخاصة بعد ليني ، اخذ الاتجاه نحو الثبوتية يفرض نفسه والثبوتية ترى في كل نوع كيئاً جامداً لا يتغير .

قال راي : « لا يمكن لأي نوع أن يولد من بذرة نوع آخر » . وفي « فوندامانتا بوتانيكا » (1736) الم يصرح راي بأن الطبيعة تحتوي من الانواع بعيدا خلق منها منذ البداية ؟

هذه الثبوتية سوف تسود في البيولوجيا (علم الاحياء) طيلة أكثر من قرن ، وسوف تقدم خدمات لا تقدر من حيث أنها حلت محل التحولية الساذجة والفجة التي سادت في القرون الماضية . وكما قال لروا Leroy فاحسن ، « بدلاً من أن تكون مضايقة لتقدم العلم ، فإنها تطابقت مع حاجة ملحة الى المعرفة ؛ وقبل كل شيء ، مع حاجة الى مرجع في مواجهة الابهام الشكلي » .

يجب أن لا ننسى أنه قبل ليني وراي ، تعدد علماء الطبيعة الذين كانوا يقولون بأن النوع يمكن أن يولد أي نوع آخر ، أو تقريباً . وفي القرن 18 ايضاً ، اعتقد طبيب جراح انكليزي ، الدكتور سان أندريه Saint-André ، ان امرأة قد وضعت ارنياً . كما أن الراصد الميكروسكوبي البارع نيدهام Needham زعم أن العطن يتحول الى خيوان .

الاستثناءات - ظهور تحولية جزئية - ولكن الثبوتية ، مهما كانت متجذرة ، عموماً ، فيما يتعلق بأشكال الطبيعة الحالية ، فهي قد خلقت بعض المصاعب الحقيقية ، اذ في داخل نفس النوع ، على الأقل ، كان المراقبون المتيقظون قد سجلوا تغييرات بدت لهم غير ذات تفسير .

(1) إن المظاهر الأخرى للزولوجيا (علم الحيوان) سوف تدرس في الفصل الرابع .

وحق ان المنظرين الكبار بالذات ، منظري الثبوتية ، اعتقدوا بأن عليهم أن يفسحوا مجالاً لبعض الاستثناءات ، يقول راي ، قد يحدث بصورة عارضة تماماً ، « تقهقر » في النوع ، من شأنه ، مثلاً ، أن نحصل على ملفوفة عادية من « قرنيطة » ، أو على *Primula pratensis inodora* من *Pri-mula veris major* .

أما ليبي فاذا كان يسند الى حكمة الله القدير الفروقات الحقيقية « الجدية » بين النباتات ، فإنه رغم ذلك يعتبر بأن الطبيعة تستطيع أن تحدث بعض الفروقات العارضة ، أو نوعاً من التشوهات المحكومة بالزوال ، في حين تبقى الأنواع الأولى خالدة .

وانطلاقاً من 1742 وبعد أن قدم له تلميذ « قطانية » لم يعرف كيف يحددها (بيلوريا) ، وافق ليبي أكثر على تنوعية الأنواع . ولم يرفض الاستنتاج « المذهل » بأن أنواعاً جديدة ، بل أجناساً جديدة دائمة ، يمكن أن تنبثق في المملكة النباتية ، أما بتغيير مفاجيء ، أو عن طريق التهجين ، الامر الذي يقلب ، الى حد ما ، الاسس الذاتية لعلم النباتات ، وذلك بخفض الحواجز الطبيعية .

« هل كل الأنواع هي بنت الزمن ؟ أم أن الخالق ، عند نشأة الكون ، قد حدد هذا النمو بعدد من الأنواع ؟ لا اجرؤ على البت بهذا الموضوع بيقين » .

وهكذا يبدو معلم الثبوتية البيولوجية ، من بعض النواحي ، تحويلياً جزئياً . ومنذ عدة عقود من قبل (1715-1716) اكتشف النباتي ج. مارشان J. Marchant في بستانه نوعين من « الحلبوب » لم يعرفهما من قبل ، وهما يختلفان عن النوع النموذجي بفضل ترتيب الاوراق وفرزاتها ؛ وبما أن هذه الطرائق الجديدة ، بعد ظهورها ، قد بقيت ثابتة ، فإن مارشان لم يشك في أنه قد شاهد ولادة أشكال جديدة ، وإنه أجاز لنفسه أن يقترح الفرضية التالية : « من خلال هذه الملاحظة ، هناك مجال للظن بأن القدرة الإلهية ، بعد أن خلقت افراداً من النباتات كنموذج لكل نوع ، وصفت هذه الافراد من كل البنات ، والسمات التي يمكن تصورها ، وان هذه النماذج ، أقول ، أو الرؤساء في كل نوع ، عند استمراريتها ، قد أنتجت أشكالاً متنوعة من بينها الاشكال التي بقيت ثابتة ودائمة ، وهذه شكلت الأنواع ، التي ، على التوالي العصور ، وبنفس الشكل ، أنتجت إنتاجات أخرى متنوعة ، كثررت وضاعفت علم النبات بالنسبة الى بعض الأنواع ، حتى أصبح من الثابت اليوم إننا نعرف في بعض الأنواع من النباتات حتى 100 أو 150 أو حتى أكثر من 200 صنف متميز وثابت ينتمي الى نوع واحد من النباتات » (ملاحظات حول طبيعة النباتات ، تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم ، 1719) ، واعتمد مارشان ، هو أيضاً نوعاً من التحولية الجزئية مقصورة على التحدر من نفس النوع .

ونجد رأياً مشابهاً عند نباتي هاو ذي قيمة عالية دوشين Duchesne الذي شاهد ولادة صنف جديد من الفريز (فراغاريا مونوفيليا) انطلاقاً من فريزة عادية (فراغاريا فسكا) . هل هذا ، حقاً نوع جديد ؟ وفي حال الايجاب ، كم يوجد في الأنواع الاخرى من أشكال متنوعة يجب أن ينظر اليها كأنواع ؟ وعلى كل حال ، كان يرى أن كل الفريزات المعروفة تنحدر من نفس الادومة الاساسية ،

وذهب الى حد أنه ، رسم في « التاريخ الطبيعي للفريزات » (1766) ، خلقاً لهذه الأنواع ، بعد أن لاحظ أن « الترتيب النسبي هو الوحيد الذي تدل الطبيعة عليه ، والوحيد الذي يرضي الفكر تماماً ؛ وكل ترتيب غيره هو كيفي وخالٍ من الافكار » .

من جهته أعلن ادانسون Adanson (تاريخ سلالات النباتات ، 1762) بوضوح أنه ضد الثبوتية المطلقة للنوع . وقد زعم أنه يعرف ثمانى حالات من حالات الانتاج الجديد ، ثلاث منها « ملحوظة تماماً ، شاهدها وبينها علماء النبات القدامى المعتادون على حسن الرؤية » . وتأتي برأيه هذه التغييرات الثابتة نوعاً ما ، من تأثير الظروف الخارجية : التربة ، المناخ ، الخ .

التغيرية المحدودة عند بوفون - يبدو أن بوفون الكبير قد مال الى هذا المفهوم القائم على التغيرية المحدودة - بين الاسر أو العائلات - كما أن فكره الجريء قد عكف عدة مرات على المسألة الواسعة المتعلقة بقرابة الأنواع - « احد هذه الخفايا العميقة في الطبيعة التي لا يستطيع الانسان سبرها الا بقوة التجارب المتكررة والطويلة والصعبة » .

كان بوفون يرى بوضوح صعوبة وغموض المسألة ، والالتزام الموجب لتوضيحه ، واللجوء الى تجريب منهجي ، حيث يحل التهجين مكانة مختارة :

« كيف يمكن أن تعرف بغير النتائج بالاجتماع المجرى الف مرة بين حيوانات من أنواع مختلفة ، ودرجة قرباها ؟ ... على اية مسافة من الانسان نضع كبار القردة التي تشبهه بشكل الجسم ؟ هل كل أنواع الحيوانات التي كانت في الماضي هي ما هي عليه الآن ؟ ألم يزد عددها أم أنه نقص ؟ والانواع الضعيفة الم تلتف بالاقوى أو بجور الانسان ... ما هي العلاقات التي يمكنها إقامة بين هذه القربى بين الانواع وقربى أخرى معروفة أكثر والتي هي قربى الاعراق المختلفة ضمن النوع الواحد ؟ » (في البغال) .

إنه في فصله الشهير حول « تقهقر الحيوانات » عرض بوفون بأكثر وضوح آراءه التحويلية . فهو يعالج فيها العمل التغيري الذي يحدثه الوسط ، باعتبار هذا الاخير ممثلاً بصورة رئيسية « بالمناخ » الذي يذوي الشكل الخارجي ، و« بالغذاء » الذي يصيب الشكل الداخلي وأخيراً « بالتدجين » بالنسبة الى الأنواع الحيوانية التي سخرها الانسان واستعبدها .

وكمثل على مثل هذه المفاعيل ، يذكر التغييرات في قامة الحيوان ، وفي لون ونوعية الشعر ، وفي سماكة الجلد ، وفي كبر القرون ، وفي الصوت وايضاً في تكوين الحديبات والاشتان (الخشونات) عند الحمل الخ .

وتوصل الى التساؤل حول تغير الأنواع بالذات ، « وحول هذا التراجع الاقدم ، وفي الازمنة الموعلة في القدم والتي يبدو أنها ظهرت في كل عائلة ، أو ، اذا شئنا ، في كل من الانواع التي منها يمكن فهم الانواع القريبة والقليلة الاختلاف فيما بينها » .

وبعد أن قارن ، من هذه الزاوية ، فيما بين كل الحيوانات ذات الأربع ، ورد كلاً منها الى نوعه ، استنتج ان المتي نوع التي ذكر تاريخها ، يمكن في النهاية أن « ترد الى عدد صغير من الاسر أو من الادومات الرئيسية ، التي منها ، وهذا ليس بالامر المستحيل ، انبثقت كل الانواع الاخرى » .

وعلى هذا فقد رد ، من جهته ، الى 15 نوعاً و 9 أصناف منفردة ، ليس فقط الحيوانات المشتركة بين القارتين ، بل أيضاً كل الحيوانات المختصة بالعالم القديم ، ومن جهة أخرى ، الى 10 أنواع و 4 أصناف منفردة الحيوانات المختصة بالعالم الجديد - اي ما مجموعه 38 نمطاً أصيلاً .

ثم يضيف ان لبعض الانواع والاصناف الخاصة بالعالم الجديد ، علاقات بعيدة ، مع الأنواع من العالم القديم ، وهذه العلاقات تدل على « شيء مشترك في تكوينها » (التباير يشبه الفيل ؛ والبكاري يشبه الخنزير ، واللاما تشبه الجميل ، واليغور والأسلوت يشبهان النمر ، والظربان يشبه ابن عرس الخ) ؛ وهذا يقودنا الى التقليل أيضاً من عدد الأغاط الاساسية .

فضلاً عن ذلك ، وفي صفحة تذكر كثيراً (فصل : « في الحمار ») عالج بوفون ، بمناسبة كتاب للدكتور بومان Baumann (المعروف بـ مويرتوي Maupertuis) ، فرضية التحولية المعممة ، اي الفرضية التي بموجبها اشتقت الحيوانات كلها من جدٍ وحيد .

يتساءل : هل الحمار والحصان من نفس الاسرة ، كما تصنفهما المصنفات ؟ فاذا كانا كذلك حقاً الا يمكننا القول ايضاً ان الانسان والقرد هما ايضاً اصل مشترك ؟ ومع الاخذ في الاعتبار بالتوافق الاساسي في الطبيعة والذي يقوم بين الانسان والثدييات ، وبين الثدييات والطيور ، وبين الطيور والزواحف ، وبين الزواحف والاسماك ، الا يمكن أن نرى كل الحيوانات « وكأنها نفس العائلة » ، ونفترض أنها جميعاً « قد انحدرت من نفس الحيوان الذي ، عبر تعاقب الازمنة ، قد انتج ، مستكملاً أو متقهقراً كل أعراق الحيوانات الاخرى ... لا توجد حدود أمام قوة الطبيعة ، ولا نخطيء ان افترضنا أنه من كائن واحد ، استمدت الطبيعة ، مع الزمن ، كل الكائنات العضوية » .

ولكن بوفون ، في الحال ، يرفض هذا الاستنتاج ، لكي يرفض أيضاً مقدماته : الحمار هو حمار خالص ، وليس حصاناً متقهقراً .

كيف يجب أن نفرس هذا المقطع ؟

يرى E. Guyénot : لا مجال للشك أن بوفون يقدم رأيه الحقيقي عندما يعرض اطروحة التحولية المعممة ، وإن تظاهرت برفضها في النهاية ، إنه مجرد خداع وتقويه ، لكي يتفادى ازعاجات « الكنيسة » .

اني اعترف ، أن شعوري مختلف جداً : اعتقد ان بوفون عندما كتب هذه الاسطر ، لم يكن بعد قد وضع تحويلته المحدودة ، وإنه كان أكثر اهتماماً بمهاجمة المصنفين منه في تمرير رأي مخالف « هدام » خلصة .

التحولية التكاملية عند مويرتوي **Maupertuis** - إذا كان علماء الطبيعة ، فيما يخص فرضية التطور ، قد ظلوا خجلين نوعاً ما ، فبالقابل كانت هناك تحولية تكاملية تظهر بدون خفاء على يد الجيومترى الفيلسوف مويرتوي في كتابه « محاولة حول تكون الاجسام العضوية » (1754) .

وبحسب مويرتوي يتم « الخلق » بواسطة « خلايا منوية » آتية من كل من الابوين . وعندما تتحد هذه الخلايا كما يجب فإن الولد يشبه ابويه ، ولكن قد يحدث ان تتحد الخلايا بشكل غير منتظم ، وعندها يظهر كائن فريد غير عادي .

« الا يمكن أن نشرح من هذا كيف أنه ، من فردين فقط ، تتكاثر الأنواع الاكثر اختلافاً وتتألى؟ ان الانواع لا تدين بمنشئها الاول إلا لبعض التوالدات العارضة ، التي لم تحفظ فيها الاجزاء الأولية النظام الذي اخذته عن الحيوانات الاب والام : إن كل درجة من الغلط أو الخطأ تنتج صنفاً جديداً ؛ ويفضل الانحرافات المتكررة تأتي التنوعية اللامتناهية في الحيوانات التي نراها الآن ، والتي ربما تتزايد مع الزمن ، والتي لا يقدم لها تتابع القرون الا تزايدت غير منظورة » .

يلاحظ أنه في هذا النص ذي الهمية البالغة ، يرى مويرتوي ، لكي يشرح تكوين الأنواع الجديدة ، فكرة التغير العارض او المفاجيء الشبيه جداً ، « وبالتحول » عند البيولوجيين المحدثين . وهي فكرة ظهرت في الماضي في « فينوس فيزيك » (1745) لنفس المؤلف : « إن الذين تنصب مهارتهم على ارضاء ذوق الفضوليين ، هم ، كما يقال ، مبدعو الاصناف الجديدة . إننا نرى ظهور اعراق من الكلاب أو الحمام أو اليمام (النغر) لم تكن من قبل في الطبيعة . إنها لم تكن في البداية الا أفراداً طارئين عرضيين ؛ وقد جعلها الفن والاجيال المتكررة أنواعاً » .

وكذلك ، في كتاب « الرسائل » ومناسبة « الجنس الاصبعي » (Sexdigitisme) وقد درسه شخصياً كموالد مؤصل يقول مويرتوي : « أريد أن اعتقد أن هذه الأصابع الزائدة ، في بدايتها ليست الا تنويغات عارضة . . . ولكن هذه التنويغات - بعد أن ترسخ بفضل عدد كافٍ من الاجيال التي تعاقبت على الجنسين - تؤسس أنواعاً ، وربما هكذا تضاعفت وتكاثرت كل الأنواع » (الرسالة 17) ،

طلائعيو التحولية التأملية : بنوا دي ماينه وج - ب - ش رويينه **J.B.-ch. Robinet** - وبذات الوقت الذي كان فيه مويرتوي بطور هذه الاستلهمات الرائعة قام فيلسوف هو بنوا دي مايه **Benoist de Maillet** (1658-1728) في كتابه « تليامو » (طبع سنة 1735) إنما نشر فقط سنة (1748) يقترح نوعاً من التحولية الامطورية ، يشك في أنه هو نفسه قد اخذها على محمل الجد .

لقد انطلق من الايمان بالطوفان الموسوي ، الذي بدا له لمركزاً على وجود « اجسام متحجرة » - كالفقار أو الاسماك المتحجرة - في الجبال ، فتصور مايه أن الأنواع الاولى الحية المنبثقة عن النطف الاولى كانت كلها اجناساً بحرية ، ولدت بذورها ، بواسطة التحولات المفاجئة ، كل الأجناس الارضية بما فيها الانسان .

وإذا كان التحول لا يتم كل يوم تحت نظرنا ، فإن تحول البقرة الى فراشة ، هل يمكن أن يكون اسهل على التصور من تحول السمكة الى طير ؟ إن الزعانف تتشقق ، واشعثها تصبح ريشاً . والجلد يكتسى بالزغب ، والزعانف البطنية تتحول الى قوائم ، والجسم يتقوّل ، فتمتد الرقبة والمقار : وهكذا يتم التحول . . . وكذلك نشأت ، من الطلائع البحرية الدببة والفيلة ، والانسان .

هذه التحولات المفاجئة لا بد وأنها اقترنت بموت كثير ولكن « ان ينفق مئة مليون بسبب عدم القدرة على التكيف ، يكفي أن يقدر على ذلك اثنان ، حتى يعطيا النوع منطلقه » .

ومن بين رواد التحولية النظرية يذكر أيضاً جان باتيست - شارل روبينه (1735-1820) الذي رأى في مبدأ الاستمرارية « كيفية جديدة في تأمل الطبيعة » . ففي نظره ، لا تشكل الكائنات كلها الا مملكة واحدة « بسلسلة متتابعة » ، ومنطلقها النموذج أو النمط ، المتغير دائماً وبلا حدود ، والذي تتجاوب مظاهره المتصاعدة مع غلبة وسيطرة متزايدة للقوة على المادة .

ويمثل الانسان الطرف الأعلى من السلسلة ، والحد والغاية من الجهد الطبيعي .

« كل تغير في النمط النموذج هونوع من دراسة الشكل البشري الذي تأمله الطبيعة . . . »

إني أرى الطبيعة وهي تعمل ، تتلمس نحو هذا الكائن الممتاز الذي يتوج عملها . . . وبمقدار ما توجد تنوعات وسيطة بين النمط النموذج والانسان ، بمقدار ما اعدد محاولات الطبيعة التي ، تهدف الى الاكمل ، فلا تتمكن من التوصل اليه إلا من خلال هذه السلسلة التي لا عد لها من التجارب « (في الطبيعة) (1766) .

زونوميا اراسموس داروين Erasmus Darwin - وبدا كتاب « زونوميا » (1794) لايراسموس داروين (1731-1802) جد شارل داروين أكثر أهمية ، لان هذا الكتاب يتضمن نظرية شبه كاملة حول التكون التدريجي وحول تكامل المملكة الحيوانية .

وبحسب اراسموس داروين Erasmus Darwin كل حياة عضوية ، تأتي من خيط عضوي أولي اعطاه « السبب الأول » القدرة على اكتساب أجزاء جديدة ، وميولاً جديدة « وهكذا الاستمرار في استكمال ذاته ، بفعل نشاطه الذاتي الكامن ونقل هذه الكمالات من جيل الى جيل إلى ذريته وعبر عصور العصور » .

إن التغيرات المتتالية تعزى الى اسباب خارجية متنوعة جداً : مناخ ، عادات ، نظام ، أمراض ، مسكن ، جهود ، رغبات ، تدجين ، تصورات ابوية .

وخطم الخنزير يستخدم لحفر الأرض ، وخرطوم الفيل الذي هو امتداد للأنف يسمح له بأن يجذب اليه اغصان الاشجار لكي يتغذى بها ، وشرب الماء بدون طي ركبته ، الخ وكل هذه الاعضاء يمكن أن تكون قد توفرت بصورة تدريجية نتيجة جهود مستمرة تقوم بها الحيوانات للحصول على طعامها ، ثم انتقلت الى ذرياتها ، مع بنية تتحسن باستمرار تخصيصاً للهدف المطلوب .

وهنا نتعرف على الفكرة اللاماركية (نسبة الى لامارك) ، حول الاحتياجات الخلاقة للأعضاء . ولكن كتاب « زونوميا » يحتوي أيضاً بذرة بعض الافكار الداروينية : التلون الوقائي والانتقاء الجنسي ، الخ .

وهكذا كتب ايراسموس داروين بشأن مهامير الطيور : « من المؤكد ان هذه الاسلحة لم تعط لها الا لتدافع عن نفسها ضد أعداء من جنسها ، لان الاناث غير مزودة بها . والهدف الذي رمت اليه الطبيعة ، على ما يبدو ، بوضعها هذا الصراع بين الذكور ، هو أن الحيوان الاقوى والانشط يستعمل لديمومة النوع الذي يتكامل بهذا الأسلوب » .

وعندما انتهى القرن الـ 18 كانت التحولية قد ترسخت واستقوت . وقد استندت ، من جهة ، على الملاحظة الايجابية من قبل اختصاصي التاريخ الطبيعي الذين بعد أن لاحظوا التنوعات بين الأجناس ، اخذوا يسألون أنفسهم الى اي مدى تصل هذه التنوعية ، ثم من جهة اخرى ، حول تأملات الفلاسفة الذين - بمقدار ما يتحررون من الوصاية التيبولوجية - يشعرون أكثر فأكثر بالحاجة الى وضع تفسير عقلاني لعالم حي يحل محل نظرية الخلق المستقل للأنواع .

III - مسألة التوالد

ارث القرن الـ 17 - المناقشات بين القائلين بسبق التكوين والقائلين بتسلسل التشكيل أو التخلق المتعاقب . إن الجدة الكبرى التي قدمها القرن الـ 17 ، فيما خص مسألة التولد كانت مفهوماً سبق وجود النطف . وقد قامت على أساس هذا المفهوم مدرسة بأكملها منذ سوامردام Swammerdam ، وبصورة خاصة منذ مالبيجي Malpighi .

إن الكائن المستقبلي قد افترض أنه موجود من قبل ، بشكل قزمي ومبتر في نقطة غير مرئية والذي لا يحتاج لكي يولد الا للكبر والنمو .

إنها نظرية تلغي ، كما نرى ، وببساطة خالصة مسألة تكون الكائن . وكما يقول احد هؤلاء الدعاة لسبق التشكيل ، أن ما يسمى بالتولد أو الخلق ليس هو كذلك بل بداية تطور يدفع بصورة تدريجية الى بروز أجزاء كانت غير مرئية من قبل .

وهناك نظامان متعارضان ، يقول بهما دعاة النطف السابقة الوجود : النظام الأول يضع النطفة داخل البيضة التي تنتجها الانثى (ولذا سمي بالنظام اليضاوي) ، والنظام الآخر يضع النطفة في الحيويين المنوي في الذكر (وهذا ما يسمى بالنظام المنوي أو الحيواني) .

فضلاً عن ذلك ، كانت نظرية النطف مقرونة في أغلب الأحيان بالنظرية الخرافية نظرية التراكب ، وبموجبها تحتوي النطفة - انثى أو ذكراً ، بحسب الحال - جنيناً هو نفسه - اذا كان ينتمي الى

الجنس المنتج للنطف - يحتوي على نطف أخرى ، هي بدورها تحتوي على أخريات ، وهكذا دواليك حتى اللانهاية او ما يشبهها . . .

وقد اعتقد انصار النطف أيضاً بنظرية « الانتشار » ، وهي نظرية لا تقل غرابة وتنتشر النطف في كل مكان ، وهذه النطف تنتظر لكي تنامي ، إمكانية الولوج الى انثى او الى ذكر يأويها .

وكان كل هذا أمراً مستغرباً حتى أن الكثير من المفكرين قد رفضوا فكرة تؤدي الى مثل هذه النتائج . وقد رفضوها أيضاً لأن القول بوجود نطفة وحيدة (أو أمرمية أو أبوية) ، يقع في مشقة تفسير الاحداث المعروفة تماماً ، احداث التشابه الثنائي الطرف . ولهذا ظلوا أمناء للطرح القديم القائل بالبدار المزدوج الابوي ، مع إنكار كل سبق وجود للنطف .

ولكن هذا الطرح بالذات لم يخل من ان يمر وراءه مصاعب خطيرة جداً . فهو قد استبعد دور البضة ، كما استبعد دور الحيويين النطفي ؛ وبصورة خاصة كان عليه أن يشرح كيف يمكن ، انطلاقاً من سائلين مختلفي الشكل بناء الجهاز المعقد جداً في الجنين .

والتعارض بين المدافعين عن النطف وبين دعاة التكون التدريجي النطفي قد لعب دوراً ضخماً في تاريخ البيولوجيا . وكما يحدث في أغلب الأحيان في مثل هذه النزاعات كان المعسكران على حق جزئي لكل منهما . فدعاة التشكل التدريجي ، كانوا على حق في انتقاد الفكرة الساذجة ، فكرة سبق التكوين أو سبق التشكل ، ولكن دعاة سبق التشكل يتقدمون بعض الشيء عندما يؤكدون وجوب وضع شيء كامل التنظيم في بداية التطور .

ولم يبدأ الضياء بالانتشار الا عندما ظهر ، بخلال القرن التاسع عشر مفهوم الخلية أي مفهوم البذرة الحية ولكنها الخالية من كل تشكل بشكل الكائن المستقبلي .

اكتشاف التلقيح الذاتي - ووجدت نظرية الجراثيم واحداً من أكبر وأبرع المدافعين عنها في شخص احد تلامذة ريو مور Réaumur ، هو العالم الطبيعي والفيلسوف السويسري شارل بوني Charles Bonnet (1793-1720) .

فقد اشتهر بوني سريعاً في عالم علماء الطبيعة عندما اكتشف وهو ابن 20 سنة نظرية التوالد الذاتي عند البراغيث ، وهي نظرية كان قد أحس بها ليون هوك Leeuwenhoek وكان ريو مور أيضاً قد حاول عبثاً أن يشبها .

فالبرغوث المربي بعزلة تامة منذ ولادته ، انتج 95 برغوثاً صغيراً لم يشاركه في تكوينها اي ذكر . وقد احدث هذا الاكتشاف ، الذي أعلنه ريو مور أمام اكاديمية العلوم ، سنة 1740 ، ضجة ، حين جعل من البرغوث « كائناً مهماً في عالم الفيزياء » (هالر) . فمن جهة كان لهذا الاكتشاف قيمة منهجية وفلسفية من حيث أنه يطعن في شمولية القانون العام القائم على تعاون الجنسين . وبالتالي فهو يدعو الباحثين الى عدم الاطمئنان الى التعميمات المشرعة ، وإلى الاستعداد الدائم لتقبل المظاهر غير

المتوقعة ، ومن جهة أخرى يقدم هذا الاكتشاف حجة ذات وزن لدعاة البيضية . واصبح بالإمكان بعد ذلك التعرف على أنواع حيوانية تستطيع الانثى فيها الاستغناء عن الذكر . ولم تعرف أنواع ، يستطيع الذكر فيها الاستغناء عن الانثى ⁽¹⁾ . ليس في هذا أخيراً الدليل الحاسم على الأولوية التوليدية للجنس المؤنث ؟

سبق التشكل عند شارل بوني Charles Bonnet - يرى بوني ان السائل الذكري أو البذار يدخل في البيضة - اي في الجنين السابق التكوين - ويحفزه على النمو وذلك باعطاء قلبه نشاطاً بدونه لا يستطيع التغلب على « مقاومة السوائل الأخرى » . ولكن دور البذار لا يقف عند هذا الحد . فهو يحتوي على « خلايا غذائية » لها القدرة على التأثير انتقائياً على هذا الجزء أو ذاك من الجنين ، وهكذا يفسر التشابه ، الملحوظ في أغلب الأحيان بين المولود والوالد ، تشابه بارز بشكل خاص لدى الانواع المهجنة مثل البغال التي ترث بشكل أكيد من بعض خصائص الجنس الأبوي .

مثلاً عندما تدخل منوية الحمار في جنين الفرس ، فإنه يدخل فيه خلايا من شأنها أن تكبر الأذان أو الخنجر في حين أن منوية الحصان ، اذا دخلت جنين الحمارة تدخل فيه خلايا من شأنها تطويل الذنب .

يقول بوني بوجود حيوانات في البزار ولكنه أنكر عليه أي دور في الاختصاب .

وتصورات بوني تبدو أحياناً عبقرية ، ولكنها مشوبة بتحيزه المنهجي : فمهما عجا به من وقائع ، فإنه مصمم مسبقاً على تصنيفها ضمن سيق تشكيلية البويضية . ولكن يجب الاعتراف ان هذه السبق تشكيلية مدرجة نوعاً ما ومعدلة الى درجة أن بعض المقاطع من كتابه تبدو وكأنها تعبر عن مفهوم الخلية الحديث: « نفهم عموماً من كلمة بذرة أو جرثومة كائنات عضوية متناهي الصغر، بحيث أنه ان أمكن اكتشاف هذه الجرثومة في حالتها هذه ، فإننا نجد فيها نفس الأعضاء الأساسية الموجودة في الاجسام العضوية الكاملة في نوعها ، بعد كبرها وتطورها . وقد أشرت الى أنه من الضروري اعطاء كلمة جرثومة معنى أوسع بكثير ، وإن مبادئ بالذات تفترض هذا بشكل ظاهر ، وبالتالي لا تدل هذه الكلمة فقط على جسم عضوي متناهي الصغر ، بل تدل أيضاً على كل نوع سابق التكوين أصيل ، يمكن أن ينتج عنه كل عضوي ، منبثق عن مبدئه الأني » (بالين جينييزي فيلوزوفيك) .

الجزئيات المنوية عند مويرتوي Maupertuis - أما المعارضون فلم يكونوا قلة في وجه شارل بوني ومن بينهم ، بشكل خاص نجد مويرتوي الذي يجاهم ، في كتابه « فينوس فيزيك » ، وفي

(1) كان أراسموس داروين Erasmus Darwin ، بهذا الشأن أول عالم طبيعي أثبت أن التولد الفردي عند البراغيت هو من صنع الأفراد الذكور : « وربما كان من المحتمل أن الحشرات التي يقال أنها يمكن أن تخصب لسة أجيال مثل الأفيس ... تولد ذرياتها ... بدون أم وليس بدون أب ، وتقدم وبالتالي مثلاً عن « Lucinz Sine concubitu » (زونوميا) .

« رسائله » ، ويعنف نظام الجرثومات ، الذي لا يتلاءم برأيه ، مع نتائج التهجين بين الانواع ولا يتلاءم مع وقائع الملاحظة العادية فقط ، بل يناقض أيضاً ، بعض المعطيات المتوفرة حديثاً حول إنتقال الشذوذات في النوع البشري .

واكتشف مورتوي ، بهذا الشأن ، في برلين ، اسرة (هي اسرة الجراح جاكوب روهي Jacob Ruhe) حيث تتمثل « السداسية الاصبعية » من جيل الى جيل ورسم سلالة لهذا الشذوذ ، ورأى أنه « ينتقل على حد سواء من الآباء ومن الأمهات » . ليس في هذا حجة قاطعة لصالح تعاون الأبوين ، وكأنها تجربة جاهزة أجرتها الطبيعة ، لا تقل تبييناً عن التجارب التي تمى رومير إجراؤها عندما زاوج طيوراً من أربعة أصابع مع طيور من خمسة أصابع ؟ (فن تربية الطيور الداجنة ، مجلد 2 ، مذكرة 4) .

ولكي يثبت مورتوي من هذه الوقائع التزم النظام القديم ، نظام مزج البذارات ، حيث يدخل فيها العديد من الجزئيات التي تمثل مقتطفاً من كل الأجزاء العضوية في الجسم الابوي . هذه الجزئيات بفعل الاجتذاب المتبادل أو بفعل « شيء ما أكبر » تتمازج لتشكل نقطة يكون كل جنس قد وضع فيها من ذاته (1) .

بوفون Buffon ونظرية الخلايا العضوية - وهذه الفرضية استعادها بوفون ووسعها كثيراً فانقلت من « الاجزاء النطفية » لمورتوي الى ما سماه « الخلايا العضوية » .

وبحسب رأي العالم الطبيعي الكبير ، تتكون كل الكائنات الحية من خلايا حية غير قابلة للتلف ، تمسك في مكانها وتنظم - بقالب داخلي ، والبذاران - الابوي والامومي - مشبعان بهذه الخلايا التي عندما تتجمع تشكل الجنين ، وهي التي ، في البذار المذكر ، تولد باجتماعها ، هذه الكرويات الحية التي هي الحيويونات المتوية .

ولكن بوفون - بالتعاون مع مصور للميكروبات معتبر ، جون تورفيل نيدهام (1781-1713) John Turberville Needham مؤلف كتاب « الاكتشافات الميكروسكوبية الجديدة » (لندن 1745 ، ترجمة فرنسية ، باريس 1750) ، طمح الى تقديم بيان مباشر عن آرائه النظرية . ودرس تحت المجهر منياً،مذكراً، فظن انه يرى فيه ، ولادة حيويونات انطلاقاً من خلايا موجودة في السائل . ووسع مراقبته للسوائل المسحوبة من البغدد التناسلية عند الانثى - غدد سماها خصيات لا مبيضات ، لانه عزا لها ، كما لغدد الذكورة ، إنتاج مني خصب منتج ، وفي هذه السوائل ظن أيضاً أنه يرى « خلايا ناشطة » كلها مشابهة للحيويونات... وأخيراً تفحص سوائل حيث مرث لحوم حيوانية ، وكذلك بذور نباتية ، وشاهد فيها أيضاً ظهور مثل هذه الخلايا .

ليس في هذا البرهان على أن كل الاجسام الحية تتألف من تجمع « الخلايا العضوية » الدائعية

(1) إن دور الوراثة الأبوية يبرز أيضاً من تجارب كولروتر Kölreuter حول التبغ (1761) وتجارب ترمبلي

Trembley حول الذرة ، الخ .

النشاط ، المستعدة دائماً للاتحاد لانتاج شيء ما عضوي ، حتى عندما لا تتوفر الظروف لتوليد حي ؟
والواقع ، أن هذه الملاحظات كانت كلها مشوبة بالخطأ . فقد خلط بوفون بين الحيوانات النوية
وبين الحيوانات العادية الناتجة عن الأنبثات أو التبريات ، وعلى أساس هذا الإهمال القادح بنى كل
نظامه العظيم .

وحوالى 1760 ، ظن الفيزيولوجي الكبير السويسري ألبردي هالر Albert de Haller - الذي
مال في بادئ الأمر نحو التخلق التعاقبي أنه أثبت ، بملاحظاته حول بيضة الدجاجة ، إن البذرة
تنتمي إلى الدجاجة ، وإن نطفة الديك ، موجودة بصورة مسبقة قبل كل إخصاب . وقد سجل أنصار
نظرية البويضات نقطة ، وانتصر شارل بوني انتصاراً صاعباً .

س . ف . وولف C.F.Wolff وبداية علم النطف الوصفي - إلا أن كل جهود أنصار
« سبق التشكل » سوف تلاشى من جراء عمل غاسبار فردريك وولف Caspar (1794-1733)
Friedrich Wolff ؛ فقد تتبع وولف بصبر وأناة تحت المجهر غمق الفروج ، وبصورة خاصة ، تكون
الأوعية الدموية ، ورأها تتشكل انطلاقاً من ثغرات محفورة في جدار البلاستولة . وقد
لاقت استنتاجاته التي عرضها ضمن كتابه : « نظرية الخلق أو التوالد » (1759) تأييداً بعمل لاحق
(التكون الداخلي De Formatione intestimorum) (1768) حيث بين بدون لبس أن أمعاء
الفروج يتولد من شفرة (صفحة) انفصلت عن القسم الأسفل من النطفة ، ثم تكورت بشكل
ميزاب لتسكس بصورة تدريجية بشكل أنبوب .

وإذا فالأعضاء ، ليست سابقة التشكل : إنها تتشكل بصورة تدريجية ، أثناء النمو . إن عملية
التشكل التدريجي قد أثبتت .

وليس من الإسراف القول أن عمل وولف سجل بداية علم النطف الوصفي . وعلماء الطبيعة
بعد أن اجبروا على التخلي عن الفكرة الساذجة والكسولة فكرة سبق التكوين ، سوف يحكفون على
التفحص الدقيق والتفصيلي لعمليات معقدة ومتنوعة هي الولادة النطفية الحيوانية ورغم ذلك ظلت
مسألة تشكل الكائن مطروحة بشكل كامل تقريباً . فإذا كان هناك تخلق تدريجي (epigénèse) فعلي ،
فهل يكفي ، لهذا ، بنظام البدارات ؟ اليس للبيضة وللحيويين دورهما ؟

سنداً لورولف ، يتم النمو النطفي تحت تأثير قوة سرية (Vis essentialis) مكلفة بتنظيم المادة
الحية ؛ وهنا يتاح المجال واسعاً أمام بوني ليعترض : « إذا لم يكن هناك تكوين مسبق في المادة التي
تنظمها القوة الأساسية ، فكيف يمكن حمل هذه القوة على إنتاج حيوان بدلاً من نبتة ، أو على إنتاج هذا
الحيوان بدلاً من ذاك ؟ ثم لماذا تنتج القوة الأساسية ، في مكان ما عضواً ما بدلاً من عضو آخر ؟ »

لا شك أن دعاة التخلق التدريجي كانوا على الحقيقة ، عندما استندوا على الملاحظة المباشرة ،
فأكدوا على التشكل التدريجي في النطفة ، ولكن إذا كان لا يد من تأويل هذا التكون ، فإنهم لا يمكنهم

التخلص من المأزق الا باللجوء الى مفاهيم غامضة عارية من كل قيمة تفسيرية : الجاذبية عند موبرتوي ، القلب الداخلي عند بوفون ، القوة الاساسية عند وولف ...

سبالانزاني والدراسة التجريبية حول التخصيب (Fécondation) - دخل التوالد الحيواني مع البيولوجي الايطالي لازارو سبالانزاني Lazzaro Spallanzani (1799-1729) مرحلة جديدة ، لان هذا العالم ، الذي يعد من بين عظماء الفيزيولوجيين في عصره ، قد شرع بدراسة تجريبية للاخصاب عند بعض الحيوانات (الضفادع ، العلاجيم) التي تؤهلها طريقة تناسلها (تخصيب خارجي) بصورة خاصة لهذا النوع من البحوث .

ورغم أن سبالانزاني Spallanzani قد ظل سنة 1768 انه قدم ، بفضل ملاحظاته ، حجة قوية لصالح النظرية السبق - تشكيلية ، والبيضية ، إلا أنه يبقى ، نسبياً ، ذا عقلية ضعيفة في التنظير ، وقد حاول بشكل خاص أن يجمع الوقائع التي تجعله معرفتها متحكماً بالظواهر المدروسة .

لقد جرب حول الضفدع ، وبدأ يتأكد بأن البيضات - التي ليست في نظره إلا شرغوفات ، غير مرئية ، غير نامية - لا تنمو ابداً ان هي توكت - بعد سحبها من رحم (Uterus) الانثى - لوحدها ؛ ومن هذا يمكن الاستنتاج بثقة أن الاخصاب خارجي في هذا النوع ، كما استنتج سوامردام Swammerdam وروزل Roesel .

وبعد تسبيح هذه البيضات العذراء بالبذار ، فقد يمكن ، بدون شك ، احداث الاخصاب ، ولكن كيف يمكن الحصول على السائل المخصب ؟ من اجل هذا عمد سبالانزاني الى تزويج ضفادع اناث مع ذكور كساها بنوع من الاكياس الحافظة - وهي تجربة حاولها عبثاً روميرونولي - وكما توقع ، وجد في الحفظات ، بعد البيض بعض نقاط من سائل شفاف . فبلل به بعض البيوض العذراء ، رآها فيما بعد - وبفرح عظيم - تنمو وتعطي دويكات (يرقات) تشبه تماماً تلك التي تتولد من الاخصاب الطبيعي . وهكذا حقق أول عملية أنسال (تعشير = تخصيب) اصطناعي في المختبر ، وهي تجربة سوف تشكل منعطفاً في حويلات البيولوجيا . إن الانسال الاصطناعي للاسماك قد تحقق قبل ذلك بقليل على يد جاكوبي Jacobi (1763) ، وسنداً لبعض المؤلفين ، ان أنسال الخيول قد قام به العرب منذ زمن بعيد .

وبعد ذلك بقليل حقق سبالانزاني ، ضمن ظروف مراقبة وسيطرة لا غبار عليها ، الانسال الاصطناعي لدى الكلبة . وفي سنة 1790 ، طبقت الطريقة الجديدة من قبل ج هنتر J.Hunter على الجنس البشري (واعلن عنها سنة 1799) .

وقد جرب سبالانزاني ايضاً ، هذا الاسلوب في محاولات تهجينية ، كانت بالطبع غير مثمرة ، بين الهر والكلبة . ولكنه استغل تماماً اكتشافه ، وبشكل خاص لكي يحدد بوضوح ، ملحوظ تماماً ، بالنسبة إلى ذلك الزمن ، شروط الاخصاب لدى البرمائيات .

ويعود الفضل الى سبالانزاني - بتوجيه ونصيحة شارل بسوني في أغلب الأحيان خلال عمله -

بجملة من التجارب الجيدة الخيال الجيدة في إدارتها وترباطها ، وعلى العموم ، في تفسيرها . فقد أوضح دور الغشاء الهلامي الذي يحيط بالبيضة ، وبين إمكانية تجميع - الى اقصى حد - البذار دون حرمانه من خصائصه الانجابية ، كما درس المقامات المتشابهة في البيض والبذار عند تغير درجة الحرارة ، واثار التجميد واثار مختلف المواد الكيميائية ؛ وقد جرب التدجينات المتنوعة عند أنوروس Anoures وعند أوروديل Urodèles الخ .

وبتجربة حاسمة هدم نظرية الانجاب من بعيد (Aura Seminalis) : ان الاتصال المباشر بين البويضات والمبيض ضروري أيضاً حتى ينجب هذا الأخير تلك .

وبين ان الخصائص الانجابية في المبيض تزول عندما يصفى من خلال عدة أوراق نشاف . ومن هنا استطاع سبالانزاني ، وإن لم يؤخذ بالنظرية البيضية المسبقة ، لأول وهلة ، ان يستنتج ان الحيوانات المنوية ضرورية لتخصيب البيضة .

وهذه الحيوانات المنوية قد درسها بعناية ولمدة طويلة حوالي سنة 1770 . وكان يعرف أنها موجودة في كل مبي . طازج ، وإنها لا تتكون ، كما يزعم بوفون ، على حساب « خلايا عضوية » ؛ بل إن المسألة المتعلقة بدورها الانجابي غير مطروحة بالنسبة إليه ، لانه ، مثل بوني لا شك أن البيضة ليست جنيناً ولا شرغوفاً يحتاج الى مبدأ إذكاء او تحفيز يقدمه المبي .

وهذا الانحياز للنظرية البيضوية هو الذي منع سبالانزاني من فهم إحدى تجاربه الأكثر وضوحاً وهو الذي أوحى له أيضاً ، وبالمقابل ، بالمحاولات الأولى حول التوليد العذري الاصطناعي . ولأن المبي لا يلعب إلا دوراً تحفيزياً ، فإن هذا الدور ألا يمكن أن يقوم به عامل فيزيائي مثل السائل الكهربائي أو مثل مطلق مادة مسحوبة من حيوان أو من نبات (سُم السمندل ، أو عصارة الليمون الحامض الخ) ؟ ولم يحصل سبالانزاني عن هذا الطريق ، على أية نتيجة ، ولكن الفكرة التجريبية ، وإن أوحى بها خطأ ، فقد ساعدته في المستقبل بحيث بدت عظيمة الجدوى .

IV - التجدد الحيواني

يرتبط بعملية الخلق الحيواني ، وبصورة مباشرة امر التجدد أي إعادة تكون الاجزاء المفقودة من جسم الحيوانات . فمنذ 1712 ، لاحظ ريو مور ان السرطعون يعيد تجديد قوائمه عندما تكسر أو تقطع ، وقد وصف بعناية مراحل هذا التجدد .

تجارب ترمبلي Trembley - ولكن الاكتشاف المهم ، في هذا المجال كان اكتشاف ابراهيم ترمبلي Abraham Trembley (1710-1784) الذي كشف في سنة 1740 عن القدرات المعجائية التوليدية التجديدية لدى حيوان صغير جداً معروف في الحفر وفي المستنقعات هو : بولب Polype المياه الحلوة أو المهددة . لم يكن ترمبلي ألاً هارياً في التاريخ الطبيعي ، وبحكم أنه مجرد فضولي إهتم بادية

الامر بهذه الدويبة . وقد شك في أن يكون امام حيوان أم أمام النبات ، فقطع بولبات Polypes ليرى هل بإمكانها ان تتجدد من فسائلها ، مما ثبت طبيعتها الحيوانية . وبالفعل ، رأى أنها تتجدد ، وعندما دق النظر ، وراقبها في حركاتها ، وفي طريقة غذائها وفي اسرها لطرائدها الصغيرة ، عرف أنها تنتمي الى عالم الحيوان ، وبعدها تابع بمواظبة بحوثه . واستمر على هذا طيلة أكثر من 3 سنوات . ووضع بينحوته كتاباً سماه « مذكرة في خدمة تاريخ نوع البولبات في المياه الحلوة ، ذات الاذرع بشكل قرون » (1744) ، وأوكل التصوير الى ليوني Lyonet الشهير .

وأبرز ترمبلي Trembley في كتابه ان البولب اذا قطع الى اجزاء ، فإن كل قطعة تعيد تشكيل بولب كامل ، وأيضاً أن بولين يمكن أن يندجا أحدهما في الآخر ، وأخيراً أن بولباً واحداً ، دون أن يهلك يمكن أن يُقلب كما يفعل بأصبع القفاز .

واحدثت هذه التجارب ذات الالهام الاصيل والتنفيذ البارع ضجة بين علماء الطبيعة . فبعد التوليد الذاتي أو العذري في البراغيث جاء افسال البولب كعجبية جديدة من عجائب الطبيعة . عجبية سوف تساهم من جهتها في توسيع أفكارنا حول الحيوانية . وهناك عجبية أخرى وهي القدرة على الانبعاث ، اكتشفها نيدهام Needham لدى الانقليسيات (الحنكليس) (1745) . وقد درسها سبالانزاني في الدولابيات الدودية وفي العناكب المائية المفصليّة ذات الثمانية أرجل .

التقاش حول التجدد الحيواني - سرعان ما تأكدت اكتشافات ترمبلي من قبل باكرودريومور وآخرين⁽¹⁾ ، فجذبت الانتباه حول القدرة على التجدد الحيواني ، المنتشر أكثر مما يظن لأول وهلة . فقد كشف شارل بوني وجود هذا التجدد لدى بعض دودات المياه الحلوة . كما اكتشف سبالانزاني 1768 هذه القدرة عند دودة الأرض وعند الحلزون - الذي بعد أن يُقطع ، يستطيع أن يجدد رأسه وخطمه وجسماته وعينيه - وحتى عند سمندل الماء أو التريتون ، الذي يستطيع أن يجدد أرجله الأربعة كاملة مع كل هيكلتها الداخلية وعظامها وعضلاتها وأعصابها ...

وبصورة خاصة أثارت مسألة تجديد الرأس عند الحلزون نقاشاً حاراً . فتكون معسكران مؤيد ومنكر . واشترك فولتير Voltaire في النقاش ، وأخذ يقطع رؤوس القواقع التي عثر عليها في بستانه في فرني Ferney .

وحول موضوع التجدد - كما حول موضوع الخلق أو التكوين - نجابه ، مرة أخرى الاسلويان

(1) كان فولتير شكاكاً ، حتى من غير لزوم . فنازع في حيوانية البولب : « هل ثبت أن عديسيات المياه التي سميت بولب المياه الحلوة هي حيوانات حقاً . إنني أشك كثيراً بعيني وبيصري ، ولكني لم أستطع أبداً ، حتى الآن ، أن أرى في هذه البولبات إلا أنواعاً من الأسل الدقيق ، أخذت عن الطبيعة الأحاسيس ... ومن المستحسن الشك أيضاً ... أن الحقيقة لا يمكن إلا أن تستفيد من الإنتظار » (غرائب الطبيعة ، 1768) .

الاساسيان في تصور عمليات التكون العضوي : سبق التكوين ، أو التشكل المتتالي .
وأثار تجدد الاجزاء النافصة نفس الصعوبات التي أثارها انتاج حيوان بأكمله .

ورأى شارل بوني ان لا وسيلة الى الهرب من فرضية « البذار » السابقة التكوين والتي لا توجد فقط في المبيضات بل في هذا أو ذاك من اجزاء الجسم .

ويصدد موضوع البولب ، حيث يمكن ، في كل الجسم ، أن يتم تولد جديد ، تكون البذار مزروعة في كل مكان . وجسم البولب مكون ، كما يقال « من تكرار ما لا حصر له من البولبات الصغيرة ، التي لا تنتظر لكي تظهر الى الوجود الا الظروف المواتية » .

أما التوالد أو التجدد الجزئي (كما عند الديدان) فالمسألة تطرح ما اذا هذا التجدد يتأمن بفضل بذار تتضمن كل عناصر الجسم ، وبعضها فقط ينمو ، أم بفضل بذار تحتوي فقط العناصر الوحيدة المدعوة الى النمو . حول هذا لا يقطع بوني برأي ، ولكنه يميل نحو فرضية القوة الجزئية :

« لا أرى اي مانع يحول دون افتراض وجود - في هذه الانواع من الديدان - بذار أجزاء سابقة وبذار أجزاء لاحقة . إن هذه الفرضية تبدو لي عرضة لمصاعب أقل من مصاعب نظرية تعطيل جزء من البذرة .

وفي رجل السرطعون ، يتصور بوني عفويًا وجود سبحة من البذار ذات طاقات تنازلية :
« توجد في كل قائمة من قوائم السرطعون سلسلة من البذار تحتوي جزئياً اجزاء مشابهة للاجزاء التي تشاء الطبيعة استبدالها . وإني أتصور اذن أن البذرة الموضوعة عند أصل القائمة القديمة تحتوي على قائمة كاملة أو خمسة مفاصل ، وإن البذرة التي تليها مباشرة تحتوي قائمة ليس فيها إلا أربعة مفاصل . وهكذا بالنسبة الى الاخريات » .

ولأنه بعد هذا وزيادة عليه ، يمكن للقائمة الجديدة ، بدورها أن تتجدد بعد القطع ، ومن الواجب تمامًا الافتراض ان هذه القائمة ، الشبيهة بالقديمة في كل شيء « تحتوي ايضاً بذاراً مخصصة لنفس الاعراض ، وإن تراكب هذه البذار بعضها في بعض لا يخيف إلا الخيال » . وهنا ايضاً ، وكما يبدو ، يصطدم التفسير السابق - تشكلي ، الذي يستدعي بالتالي الفرضية الكارثية فرضية التراكب ، بمصاعب لا يمكن تذليلها . ولما كانت هذه المصاعب أقل بالنسبة الى دعاة الخلق التدريجي الذين لا يستطيعون تفسير تجدد الاعضاء المفقودة الا بالاستعانة « بتكوين ميكانيكي » او باختراع قوى خفية في الخلق والتكوين ، من اجل دعم نظريتهم .

٧ - نشأة المسوخ

تعود الدراسة العلمية للكائنات الشاذة او المسوخة ، في تاريخها ، الى النصف الاول من القرن الثامن عشر . في تلك الحقبة كانت المعتقدات المسبقة قد زالت تقريباً فيما يتعلق بدور الجن ، أو تدخل

الإله في خلق المسوخ . وأصبح هؤلاء يُصنفون ويدرسون بدقة ، سواء في شكلهم الخارجي أم في بنيتهم الداخلية .

وجرت محاولات من أجل تصنيفهم ، ويبدأ بفهم جدوى دراستهم من أجل فهم ظواهر النمو الطبيعي .

وفيما خص نشأتهم كان الرأي العام منقسماً بعمق ، إما لوجود الاعتقاد بوجود بذار في أصلها مشوهة ، وإما بتفسير المسوخية بتأثير أسباب عارضة (ضغط ، أمراض ، انفعالات أمومية ، الخ ،) عملت وأثرت في المنطقة أثناء نموها . وحول هذا الموضوع وقع نزاع كبير عرف تحت اسم « صراع المسوخ » ، حوالى 1740 ، أمام أكاديمية العلوم في باريس : وهذا النزاع تحاصم فيه ل . ليميري L.Lémerي ، وهو من أنصار الأسباب العارضة ، مع ونسلو Winslow وهو من أنصار « النشأة العجيبة » . وهذا الجدل ، الذي خلد كثيراً علم عجائب المخلوقات الناشئة ، حين أجبر علماء التشريح على تعميق دراسة البنيات غير الطبيعية ، استخدم كل أنواع الحجج ، والتي لم تكن فقط من النوع العلمي . فقد سمح خصوم البذار المسوخة لأنفسهم باستخدام اللاهوت لمصلحتهم : أليس من المشين ومن الكفر الزعم بأن بذاراً مشوهة أو ممسوخة يمكن أن تصدر مباشرة عن يد الخالق ؟

ومن المدهش أن الرأي المتكون حول خلق المسوخ كان إلى حد ما مستقلاً عن الرأي المتكون حول أوالية التوالد .

وإذا كان بوفون وهو من أنصار نظرية الخلق التدريجي قد نازع حول وجود البذار المسوخة ، وإذا كان هالر Haller وهو من المؤمنين بسبق التشكل ، قد أكد ، في كتابه « المسوخ » حقيقة هذه البذار ، فإن بوني بالمقابل ، رغم إيمانه بسبق التشكل واصراره عليه ، كان من القائلين بالأسباب العارضة .

VI - الخلق المفاجئ

مسألة الحيويونات - بعد أعمال ريدي Redi وأعمال فاليسنيري Vallisnieri الخ . بدت مسألة الخلق المفاجئ شبه محولة فيما يتعلق بالكائنات المنظورة مثل الديدان والحشرات . ولكنها بقيت مطروحة وبشكل مزعج جداً ، بالنسبة إلى الكائنات الميكروسكوبية ، وبخاصة « إلى حيويونات النقع » .

إذا تسرب إلى الماء بذور نباتية أو أية مادة عضوية ، فبعد عدة أيام ، شرط أن يكون الطقس معتدلاً نوعاً ما ، يتعكر السائل : وإذا فحصت منه نقطة تحت الميكروسكوب تظهر فيه كميات لا حصر لها من الخلايا الحية تتراقص . وهذه الخلايا يستحيل عدم إعطائها اسم حيويونات .

من أين أتت ومن أين يمكن أن تأتي هذه المنفوشات أو النقيعات من الكائنات الحية التي يمكن أن

تشكل في كل مكان وبشكل مفاجيء وسريع ؟ هل هذه الكائنات انبثقت عن المادة الفاسدة بمجرد عملية خلق مفاجئة ؟ ام يجب القول انها صدرت عن جراثيم غير منظورية ، موجودة في كل مكان ، ومستعدة دائماً لان تنمو ، بمجرد ما يتلوث المكان ؟ .

هنا أيضاً يقع خصام دعاة التكون التدريجي ودعاة الجراثيم : فدعاة التكون التدريجي قلما يرون صعوبات في أن تتكون الحيويونات بشكل ميكانيكي أو بفعل القوة الخفية - قوة إنباتية حسب قول نيلدهام Needham مثلاً - على حساب عناصر موجودة في الوسط .

وبالعكس يرى أنصار الجراثيم ان هذا التكون غير ممكن وإنه كارثة بالنسبة الى الدهن . فهم يرفضون أن تعامل الحيويونات ، « كهجناء الطبيعة » أو لقطاتها ، وإنها بسبب صغرها ، تستبعد من قانون الخلق الشامل الذي يعطي لكل كائن حي ابوين يشبهانه .

انصار الخلق المفاجيء - في معسكر الفجائيين وجد أمير المصورين الميكروسكوبيين (Micro graphe و . ف . مولر O.F.Muller وهو اختصاصي كبير في النقاعيات كما وجد أيضاً بوفون Buf-fon الذي كان يزايد حتى حول الفجائية العادية ، لانه قال بالخلق الفجائي لا بالنسبة الى الكائنات الميكروسكوبية ، وبالنسبة الى قاطوعيات الطحين ودود الخلل ، بل أيضاً بالنسبة الى الكثير من الحيوانات المرئية ، والعالية التنظيم العضوي نسبياً .

وهو يرى ، بهذا الشأن أن كل كائن حي مكون من خلايا عضوية : وعند موت اي حيوان كبير ، تتحرر هذه الخلايا وتنعتق وتنتج حيوانات صغيرة : مثل دود الارض والدويبات والسُرفات والديدان على أنواعها أو حتى النباتات مثل الفطر .

وإذا كانت الخلايا العضوية في حيوان حي زائدة عن اللزوم ، فإنها تنتج في الحال التينيا ودور البطن والدنف والدود على أنواعه والبراغيث الخ . وليس في هذا أقل من العودة إلى أفكار أتاناز كيرشر ...

كتب بوفون يقول « دلت تجاربي بوضوح أنه لا وجود مسبق للجراثيم ، وإنه بذات الوقت تثبت هذه التجارب أن خلق الحيوانات والنباتات ليس خلقاً احادي الطرف (Univoque) : ربما يوجد كائنات اما حية وإما نباتية ، كثيرة تتكاثر بفعل الاجتماع العرضي بين الخلايا العضوية ، بمقدار ما يوجد من حيوانات ونباتات يمكن أن تتكاثر بسلسلة متتالية وثابتة من الاجيال ... إن الفساد والتفكك في الحيوانات وفي النباتات يحدث عدداً لا نهاية له من الاجسام العضوية الحية والنباتية » .

اعداء الفجائية - من بين المعارضين لنظرية الخلق الفجائي يقف ريو مور وشارل بوني الخ : وكتب هذا الاخير يقول « ان الطبيعة الكاملة تتصرف ضد الاجيال المتلبسة الغامضة Equivoque أنا أعلم أننا يجب أن نقف حذرين ضد القواعد التعميمية ، ويبدو لي اني اثبت ذلك بقدر الكفاية . ولكني أعلم أيضاً ان الاستثناءات يجب أن تبين وتثبت بدقة لكي تقبل ، خصوصاً

عندما تصدم القانون الأكثر شمولاً ، والاكثر ثباتاً والذي لا يتغير من بين كل القوانين التي نعرفها . .
وعندما يُلجأ من اجل تفسير ظهور بعض الحيوينات في سائل ما الى القوى « المحدثه » او المنتجة ،
والى القوى « الإنبائية » ، الا نضع الكلمات مكان الأشياء ؟

ما هي الفكرة المتكونة لدينا عن هذه القوى ؟ ، وكيف نتصور أنها تنظم المادة وإنها تحولها من
خلايا غير حية الى كائنات حية ؟ لقد ضحكنا من ابيقور Epicure ، الذي بنى كوناً من الذرات : اما
صنع حيوان من عصارة الخاروف ، الا يعني هذا خرق الفلسفة السليمة ؟ .

تجربة نيدهام Needham وانتقاده من قبل سبالانزاني Spallanzani - يشير بوني ، عبر هذه
الجملة الاخيرة الى تجربة حققها نيدهام Needham حوالى 1740 ، وكانت بعد التمهيص صعبة
التأويل بالنسبة الى انصار الجرثومات . فبعد أن سد بالقطن أنبوباً. يتضمن عصارة الخاروف ، سخن
نيدهام الانبوب في رماد حار بشكل اعتقد أنه كافٍ لقتل كل الجراثيم التي كان يمكن أن تكون فيه .
ولكن ، رغم هذا التسخين الذي يفترض به أن يؤمن ما تسميه اليوم بتعقيم السائل ، ظهرت فيه
حيوانات بكثرة . اليس في هذا دليل على أنها تتوالد توالداً فجائياً على حساب المادة المبثوثة ؟ .

وقد انتقلت هذه التجربة بحدة ، بل وتعرضت للهزء من قبل خصوم الفجائية الذين أقاموا
ضدها كل انواع الاعتراضات النظرية . ولكن كان لا بد من انتظار مجيء سبالانزاني حتى يرد النقاش
أخيراً الى الصعيد التجريبي الذي لم يتركه النقاش بعد ذلك أبداً وفي حوالى 1770 أثبت سبالانزاني أن
تجربة نيدهام تتضمن سبباً مزدوجاً للخطأ . أولاً ، ان الانابيب لم تسكر تماماً بالقطن . ثم أن زمن
التسخين ودرجة الحرارة لم يكونا كافيين لتأمين القضاء على كل الجراثيم . وإنه اذا كررت التجربة في
شروط مختلفة ، ومع اخذ الاحتياطات المتزايدة التي تتيج منع دخول اي جرثومة من الخارج ، فإن
النتائج تكون مختلفة تماماً : فالسائل لا يتعكر ولا يعود مملوءاً بالحيوانات .

لا شك أن المسألة لن تحل بهذا الشكل ولكن نيدهام لم يعترف أبداً بالهزيمة أمام البيولوجي
الاطالي . فنناقش قيمة التجربة المعدلة بهذا الشكل . وزعم أنه عند تحمية المادة المبثوثة
والاسراف بذلك ، فاننا نقضي على القوة الإنبائية فيها، وزعم أننا عندما نغلب الطبيعة « فاننا نجبرها
على أن تسلم خطأ » . فأجابه سبالانزاني بدوره بتجارب جديدة أكثر فأكثر دقة ، وأكثر فأكثر احراجاً
لنيدهام والفجائيين .

وحتى عند هذا الحد لم تحسم القضية بوضوح . ولا يمكن أن نحسم في ذلك الحين ، حيث كان
الجهل شبه شامل حول شروط حياة الحيوينات ، وبخاصة حاجتها الى الاوكسجين . ولكن إذا كانت
تجارب سبالانزاني قد تركت حتماً بعض أسباب الخطأ فهي رغم ذلك لم تكن أقل صحة وجاهلاً في
مجمعتها : فقد كانت عبقرية في تصورها ورشيقة في قيادتها ، بالمقدار الذي يمكن أن تكون عليه من
خلال المعارف والتقنيات المتوفرة ، فقد كانت مدبرة بحس سليم وكانت تهدف إلى إثبات فرضية سوف
يكشف المستقبل عن منتهى خصوصيتها .

لقد كان تاريخ البيولوجيا كله في القرن الثامن عشر محكوماً بالجدل الذي كان يضع وجهاً لوجه أنصار سبق وجود الجرثومات (البذار) وأنصار الخلق المتتالي .

وهنا يوجد حقاً تياران أساسيان فكريان . وهذان التياران يتحكما بموقف العقل تجاه ثلاث مسائل رئيسية في البيولوجيا : مسألة تشكل الكائن ، ومسألة تشكل الأنواع ، ومسألة تشكل الحياة .

لقد كان أنصار سبق وجود الجراثيم بالضرورة ضد الفجائية ، وكانوا عموماً مبالغين الى ثبوتية قاسية . أما القائلون بالخلق المتتالي أو التكون المتتالي فقد كانوا فجائيين وكانوا عموماً مبالغين الى تحولية واسعة نوعاً ما .

وقد لعب الطرفان دورهما في تقدم الافكار اذ نستطيع القول اليوم أن البيولوجيا قد أثبتت نظرية التكون المتتالي ، وحافظت بذات الوقت على فكرة الجرثومة العضوية ، وإنها اكدت على الفرضية التحولية ، مع الأبقاء على ثبوتية تقريبية فيما يتعلق بالطبيعة الحاضرة ، وإنها اي البيولوجيا قد ثبتت اللافجائية ، مع عدم استبعادها إمكانية التشكل الفجائي في الحياة في ماضٍ سحيق وبعيد .

الفصل الثاني :

الفيزيولوجيا الحيوانية

حض ليبنيز Leibniz ، وهو يحرر سنة 1700 نظام الجمعية العلمية في براندنبورغ ، والتي ستصبح اكاديمية بروسيا المستقبلية ، حض هذه الجمعية في أعمالها على عدم إهمال العمل من أجل الفضول فقط : « إن على هذه المؤسسة أن تفكر بالعلم وبالتطبيق المفيد ، بأن واحد وذلك بتخيل اشياء يمكنها مجتمعة أن تشرف مؤسسها الشهير وتفيد الناس . ان عليها أن تجمع بين التطبيق والنظرية » .

والقرن الثامن عشر ، عصر الأنوار ، هو أيضاً عصر التقدم وبالدرجة الأولى تقدم التقنيات . وأعطاه ليبنيز معناه ، وبذات الوقت أعطى كلمة الأمر للجمعية العاملة التي سوف تنور هذا القرن ، بالمنافسة مع الجمعيتين اللتين يعود تاريخ تأسيسهما الى القرن السابق وهما الجمعية الملكية وأكاديمية العلوم .

عوامل جديدة في البحث - وبدا التجريب ، وبخاصة في الفيزياء والكيمياء ، مرضياً بالنسبة الى الحاجة المزدوجة : الاختراع والتطبيق . فالبحوث المتعلقة بالحرارة والكهرباء ، وتغيرات الحالة الفيزيائية ، والمؤلفات الكيميائية ، وتفكك المادة ، والاحتراق والتأكسد ، بعد تجاوزها ميدانها الاساسي الى ميدان الفيزيولوجيا ، قدمت لها حلولها ، وأثارت فيها مسائل جديدة . وهناك عوامل فيزيائية جديدة ، والكهرباء خاصة ، استخدمت لوصل الضوء أو الحرارة كحدود مماثلة تفسيرية للقوى الحيوية .

إن تحديد مختلف أنواع الهواء اي الغازات - الكيمياء المسماة هوائية - قد اعطى محتوى ايجابياً لمفهوم المبادلات بين الجسم العضوي والبيئة ، وجاء يضع حداً للخصومة ، التي كانت حتى ذلك الحين نظرية خالصة ، بين الاطباء الميكانيكيين والاطباء الكيميائيين ، لصالح هؤلاء الاخيرين . وأتاحت آلات جديدة في الفيزياء ، مثل الترمومتر او الكالوريمتر ، تحديد ثوابت بيولوجية جديدة . في سنة 1715 ، استطاع فهرنهايت ، وتبعه ريومور Réaumur سنة 1733 ، ان يحل الصعوبات التقنية التي أعاقبت بناء ترمومترات حساسة وأمنية . وفي سنة 1780 استطاع لافوازيه Lavoisier ولايلاس L-a-place بناء آلة الثلج التي تتيح قياس كميات الحرارة .

وإذا لا مجال للعجب من أن ، باستثناء الدراسات حول وظائف الجهاز العصبي ، غالبية

الاكتشافات أو التحقيقات الايجابية للفرضيات الفيزيولوجية، كانت، في القرن السابع عشر ثمرة أعمال، إن لم يكن الهواة فعلى الأقل الباحثين الغرباء عن الطب، أمثال هالز وبريستلي وولافوازيه أو رومور أو سبالانزاني Hales, Priestley, Lavoisier, Réaumur, ou Spallanzani.

وبالمقابل بقي تعليم الفيزيولوجيا بالذات من اختصاص أساتذة الطب. وظلت كتب الفيزيولوجيا، في النصف الأول من القرن على الأقل، وتحت اسم مؤلفين سماهم دارمبيرغ ونوبرجر Daremberg, Neuburger «المنهجين الكبار»، بورهاف Boerhaave (1668-1738)، سناهل Stahl (1660-1734) وهوفمان Hoffmann (1660-1742)، جزءاً متمماً من كتب الطب. إن «النظم الطبية» (1708) لبورهاف Boerhaave لم تغير عنوانها إلى اسم «فيزيولوجيا» إلا في سنة 1734 في الترجمة الألمانية على ج. ب. ابرهارد J.P. Eberhard إن هالر Haller وقد سبقه ف. هوفمان F.Hoffmann الذي، بعد أن عالج الفيزيولوجيا في كتابه «الطب الاساسي» (1695)، نشر «الفيزيولوجيا الاساسية» سنة 1718 - هو الذي اعطى أصلاً عنوان «فيزيولوجيا» لكتاب عرضت فيه وظائف الاعضاء مستقلة عن كل اعتبار لوصف الامراض والاستطباب (برما لنا فيزيولوجيا 1747؛ المتافيزيولوجيا كوربوري هوماني، 8 مجلدات، 1757-1766).

وتتكون لدينا إذا فكرة غير كاملة تماماً لانها أكاديمية خالصة، عن الفيزيولوجيا في القرن الـ 18، آخذين بالاعتبار فقط الكتب المعالجات أو الكتب الوسيطة المعتمدة في تلك الحقبة، ويبدو غريباً أن يغفل كابانيس Cabanis - وهو يقوم بجدرة في سنة 1804 لهذه الفيزيولوجيا الجديدة - أن يغفل الإشارة إلى كتب وأعمال الاطباء فقط رغم أنه عرف كيف يرى في «العلوم الجانية التي تقرضنا دائماً، أو اضواء مباشرة أو أدوات جديدة»، كيف يرى أحد أسباب تفوق الطب الجديد.

وفضلاً عن ذلك، وأخيراً، ومن أجل التقييم - في ضوء علاقات أخرى غير علم البيان والفلسفة - تقييم أهمية كل من هذه الفيزيولوجيات المنهجية، نضطر إلى مقارنة كفاءات مؤلفيها خارج المجال الجامعي. لا شك أن أحداً غير بورهاف لم يجتذب إلى مدينته التي كان يعلم فيها، وهي ليد Leyde، العديد من الطلاب والاطباء بحيث توجب هدم جدرانها حتى يتم داخلها بناء مساكن جديدة. ولكن قد يمكن أن يكون سناهل، المتقد بغير وجه حق يومئذ وبعده، من أجل «أحيائيته» - وهي ردة فعل سليمة أساساً ضد تجاوزات الميكانيكيين المضحكة - أكثر أهمية من بورهاف بسبب الاهتمام الكيميائي الخالص في نظرياته. والاهتمام الذي أولاه لتفاعلات التخمر جعل انتباه البيولوجيين مسلطاً على ظاهرات أقامت، عبر أعمال لينغ Liebing وباستور Pasteur، جسراً بين الكيمياء شبه المعدنية والكيمياء العضوية.

وفي الأساس، وفي ظل ظاهرة تقدم الفيزيولوجيا، بقي القرن الـ 17 والقرن الـ 18 متشابهين: فهما معاً عصر اكتشاف كبير، اكتشاف هارفي Harvey، الذي بدأ به القرن تقريباً، في حين ختم باكتشاف لافوازيه تقريباً. الأول لم يُدخل نموذجاً ميكانيكياً إلا لوصف ظاهرة في حين أن

الاكتشاف الثاني ادخل نموذجاً كيميائياً من اجل تفسيره . ان اكتشاف لافوازيه هو تاريخياً لاحق ولكنه علمياً ليس بالاقبل .

ويجب ، على ما يبدو ، البدء خلافاً للعادة ، بجدول للفيزيولوجيا في القرن الثامن عشر ، مع الاشارة الى المعارف الايجابية التي يدين بها هذا العلم لمساعدة الكيمياء اياه .

I - التنفس

تطرح وظيفة التنفس مسألتين : مسألة ميكانيكية ، كيف يدخل الهواء الى الرئة ؟ والاخرى كيميائية ، كيف يقوم امتزاج الهواء والدم ؟

الاعمال الاولى - لقد تلقت المسألة الاولى جواباً مرضياً بصورة جزئية من بورلي Borelli ، الذي بين عن وجود العوامل التي تنشط تغيرات حجم القفص الصدري في العضلات القائمة بين الاضلاع .

لقد اقترح ديكارت Descartes سابقاً في « كتاب الانسان » تفسيراً من هذا النوع . ولكن سوامردام Swammerdam استنتج منه - بتفسير خاطيء لهذه النقطة بالذات ، وإن انطلاقاً من المبدأ الديكارتي المتعلق بالحاجة ، في عالم ممتلئ ، الى المسار الدائري لكل حركة - نظرية تعطي لتمدد التجويف الرئوي الضغط المضغوط من الخارج ، على طبقات الهواء المجاورة للانف والفم . وبعد موشنبروك ودانيال برنولي ومبرغر Musschenbroek, Daniel Bernoulli, Hamberger ، اقترح هالر Haller في كتابه « تشرح التنفس العملي » ، (1746-1747) تفسيراً صحيحاً لميكانيك التنفس وبصورة خاصة للفضاء المحيط بالرئة .

أما المسألة الثانية فلا تمكن الاشارة ، بين المحاولات الحلولية الكثيرة ، إلا الى المبادئ . فعلى اثر أعمال روبر بويل Robert Boyle (نوف ايسبريتا 1669) اعتقد مايو Mayow ، حوالي 1674 ان نفس الكائنات الحية يثبت في الجسم « روحاً » موجودة في الهواء ، يؤدي نفاذها في فضاء مجاور ، الى جعل الهواء غير صالح للحياة . وقد ذكر برستلي Priestley في كتابه « اكسبريمتس اندا اويسر فيشن ... 1774-1777) ، تجربة من سنة 1771 وبموجبها ان النبتة - نبتة نعنec - تفرز ، تحت جرس مائي ، هواء مزوداً « بالفلوجستين » (الاوكسجين) مما يجعل اشتعال شمعة تحت الجرس ممكناً من جديد . وفي سنة 1775 أعلن برستلي أمام الجمعية الملكية ان هذا الهواء « المؤكسج » صالح للتنفس الحيواني (اذ اتخذت الفأرة كحيوان تجربة) .

اكتشافات لافوازيه Lavoisier - لم ينطلق لافوازيه ، في أعماله حول الهواء الحيوي ، حول المبدأ الذي يمتزج بالمعادن اثناء تكلسه ، لم ينطلق بخلاف ما سار عليه برستلي ، اي أن التجارب حول التنفس الحيواني كانت بالنسبة إليه ، في المقام الأول وسيلة لتحليل واكتشاف ومعاهاة مختلف أنواع

الغازات . وتأثير هذه الغازات على التنفس الحيواني كان في الأساس اختباراً في المجال الكيميائي يتعلق بفصل - تجريبياً - عناصر يفترض وجودها في الهواء الفضائي الذي سقط بذاته عن مقامه القديم كعنصر .

ولكن لافوازيه ، الأكثر منهجية من برستلي ، ويعد أن أجرى تجارب حول تنفس العصافير (1776-1777) والخنزير الهندية (1777) استطاع أن يقدم لأكاديمية العلوم سنة 1777 مذكرة أولى « حول التغييرات التي تصيب الدم في الرئتين وحول عملية التنفس » .

ثم بعد مقارنة النتائج الكمية لقياس المبادلات الغازية أثناء التنفس بنتائج كميات الحرارة الصادرة عن خنازير الهند الموضوعة داخل كالوريمتر ثلجي ، عمم لافوازيه ولايلامس كل الملاحظات ، مؤكداً ، منذ 1780 ، أن التنفس ليس إلا احتراقاً بطيئاً شبيهاً باحتراق الفحم . وكانا مخطئين عندما ردا التنفس إلى احتراق الفحم فقط ، كما اعترف بذلك لافوازيه سنة 1785 في مذكرة حول « الفساد الذي يصيب الهواء «التنفس» ، حيث عرض التنفس كعملية ، مفعولها ليس فقط أحداث الغاز كاربونيك ، بل أيضاً إنتاج الماء بفعل احتراق الهيدروجين . وقد اخطأ فضلاً عن ذلك ، عندما أشار إلى الرئة كمكان وموقع الاحتراق توزع منه الحرارة المنبثقة عن هذا الاحتراق ، مع الدم في الجسم .

وأخيراً استطاع لافوازيه - وهو يتمرن مع سيغين Seguin على القياسات التجريبية الأولى حول قدرة الطاقة البيولوجية البشرية (وقد قدم سيغين نفسه كموضوع تجربة) - أن يلخص الأعمال التي عرضتها « المذكرات » : « حول تنفس الحيوانات » (1798) وحول « عرق الحيوانات » (1790) ضمن بيان بشكل مبدأ ، كثيراً ما ورد ذكره :

« عند مقارنة هذه النتائج من النتائج التي سبقتها ، نرى أن الآلة الحيوانية هي عكوسة ، بصورة رئيسية بثلاثة منظمات رئيسية : التنفس الذي يستهلك الهيدروجين والكربون والذي ينتج الكالوريك (الحرارة الجسدية) ؛ العرق الذي يزيد أو ينقص بحسب ما إذا كان من الضروري حل كثير أو قليل من الكالوريك ؛ وأخيراً الهضم الذي يقدم للدم ما يخسره بفعل التنفس أو العرق » .

فكيف يمكن ، بهذا الشأن ، عدم الاحساس بأن لافوازيه - وهو الجيولوجي والكيميائي بالتكوين والممارسة - قد عرف كيف يرى في الظواهر التي يعالجها بالكيمياء ، سمة أساسية في الكيان الحيواني هي وجود وظائف تنظيم . ففي حين أن كل معاصريه من الأطباء اكتفوا بإبراز غائيتها مستعملين ومسيئين استعمال الحكم الأبقراطية ، نرى لافوازيه يقيس آثارها المتأرجحة بكل الدقة المتاحة له يومئذ ، ثم امساكه فيها بضرورة الحفاظ على الثوابت البيولوجية التي ما زالت أوالياتها تفوقه .

وإذا كانت اكتشافات لافوازيه تتحول بالحال ، في فكره ، إلى تطبيقات متعلقة بالعناية الصحية بقاعات المستشفيات أو الابنية المعدة كسجون واصلاحيات ، فإنه يجب أن لا ننفل أهميتها على صعيد النظرية الفيزيولوجية وحتى على صعيد الفلسفة البيولوجية . وقد وضعت هذه الاكتشافات حداً لنقاش

طويل حول أسباب الحرارة الحيوانية . وحتى لا نذكر إلا المؤلفين الأكثر حداثة ، إذا كان كيميائي القرن 17 ، أمثال هلمونت اوسلفيوس Helmont ou Sylvius ، قد عبروا عن الحرارة الحيوانية ، الاول بتخمير في القلب ، والثاني بالمزيج القوار بين الدم الوريدي والكيلوس فإن متاهل بالمقابل ، المعبر بحق احد تلاميذهم ، لم ير في هذه الظاهرة إلا المفعول الميكانيكي للخلط وللاضطراب الذي يحدثه التنفس في الدم ، مفعول يزداد بفعل القوة المطاطية التوسعية للهواء المتنفس .¹ ومال هالر نحو تفسير مماثل ، ملزماً نفسه بالاعتراض بأن الاحتكاك وحده غير كاف ، في حالة الماء ، لرفع درجة حرارته الى نقطة شبيهة بدرجة حرارة الدم . وقد اعتبر ، في جميع الأحوال ، إن القلب وبقية الجسد غير قادرين على أحداث الحرارة ، بدون معونة الرئتين . وهكذا يثبن أن لافوازيه اعطى الحق لكل الذين ، منذ الايونيين ، كانوا يشبهون ميتولوجياً اهواء بالنار ، النفس واللهب ، ضد جميع الذين كانوا - منذ ديوكليس الكاريسي Dioclès de Caryste - يعتبرون الهضم المصدر الداخلي للحرارة الحيوانية ، أو الذين كانوا - على اثر ارسطو - يقولون بوجود حرارة ذاتية داخلية مركزها القلب ، وإنما تصد وتعدل بالمفعول المبرد للتنفس . وهدت الكيمياء الجديدة الهوائية - وهي تحطم عدة خرافات كالورية وحياتية متعلقة بالنار الحياتية - أكثر تساهلاً بالنسبة الى واحد منهم⁽¹⁾ .

مقام الحرارة الحيوانية ، أعمال سبالانزاني Spallanzani

ولكن نهاية النقاش حول أسباب الحرارة الحيوانية اخذت تتطابق مع بداية نقاش حول مكان هذه الظاهرة . وقامت صعوبات اثارها اقتراح لافوازيه ومفاده ان اكسدة الكربون والهيدروجين الدمويين تتم في أوعية الرئة ، بفعل الاوكسجين في السائل الهيدروكربوني المقروء في هذه الاعوية . وقامت اعتراضات قدمها ، سنة 1791 ، جان هنري هاسنفراتز Jean-Henry Hassenfratz ، مساعد سابق للافوازيه اصبح تلميذاً للرياضي لاغرانج Lagrange ، الذي يعود اليه فضل تصورهما . فإذا كانت كل حرارة الجسم تتحرر بدءاً عند مستوى الرئة ، فكيف يمكن لهذا العضو أن لا ينشف أو على الأقل كيف يمكن لحرارته أن لا تكون ارفع بكثير من حرارة بقية الاعضاء ؟ أوليس من الأكثر احتمالاً ، بالعكس ، أن تتحرر الحرارة الحيوانية ، في كل أقسام الجسم حيث يتوزع الدم ؟ بحسب لاغرانج ، يتعبأ الدم الرئوي ، عند تماسه بالهواء المنشق ، بالاوكسجين الذائب الذي يعطي امتزاجه بالكربون والهيدروجين الدمويين الغاز كاربونيك والماء المحررين ، عودة في الهواء المزفور . هذا التفسير الصحيح - مع التحفظ بشأن القول أن الاكسدة لا تحدث في الدم ، بل ضمن الخلايا بالذات - يجب أن ينتظر التأكيد عليه تجريبياً حتى سنة 1837 ، عندما نجح غوستاف ماغنوس Gustav Magnus ، باستعمال المضخة الزئبقية ، في اكتشاف وجود الغاز الحر في الدم الوريدي والدم الشرياني . وضمن نفس ترتيب الافكار كشف نشر (بعد الوفاة من قبل جان سينييه Jean Senebier) « مذكرات حول التنفس » (1803) ، ان سبالانزاني (1729-1799) قد كرس السنوات

(1) راجع باشلار Bachelard علم نفس النار ، فصل 5 : « كيمياء النار ، تاريخ قضية خاطئة » .

الاحيرة من حياته للتجريب المنهجي حول شروط التنفس لدى اللافرقيات والفقرقيات ، ضمن خط أفكار لافوازيه ، وقرر سبالانزاني ، سندا لآلاف التجارب ، إن الاعضاء كلها ، وكل الانسجة هي التي تمتص الاوكسجين وتفرز الاسيد كاربونيك ، وإن امتصاص الجلد للاوكسجين ، عند البرمائيات والزواحف ، قد يتجاوز في الزخم الامتصاص عبر الرئات ، وباختصار ان الرئة عند ذوات الرئات من الحيوانات ، هي عضو تعبير وليست عضو عارسة وظيفة متمادية تشمل الجسم بأكمله . وقد وضع سبالانزاني - وهو يفصل بتجاربه الوظيفة التنفسية عن وجود الاعضاء الرئوية ، وبشكل أفضل من لافوازيه ، ويفضل طرقه في الفيزيولوجيا المقارنة - أسس فيزيولوجيا عامة .

II - الهضم

رأينا ان لافوازيه حسب الهضم من بين منظمات الآلة الحيوانية . فكان من الطبيعي اذن ان يقترح على نفسه درسه . ونعرف أنه في سنة 1791 أعلن عن « مذكرات آتية » حول هذا الموضوع . ولكن لا شيء في سجلات أعماله - المتوفرة لدينا ، يتيح القول ما إذا كانت التجارب حول الهضم قد تمت بالفعل . إن أعمال سبالانزاني حول هذه النقطة والسابقة لبحوثه حول التنفس ، ليست مدينة بشيء الى لافوازيه ، بل الى ريومور .

النظريات المختلفة - انقسم تفسير ظاهرات الهضم ، في النصف الأول من القرن الثامن عشر ، الى مدرستين ، وبالتالي الى فريتين ، مدرسة الطب الميكانيكي ومدرسة الطب الكيميائي . لقد رد بورلي Borelli ، في القرن السابق ، الهضم الى عمل ميكانيكي ، تحلي عظيم الدقة ، وتشكل عملية المضغ فيه المرحلة الاساسية . وقد اثبت ، برفقة ريدي Redi ، القوة الميكانيكية للتفكيك المتطور بالحويصلة (القانصة) العضلية عند الدجاجيات ، واقترح بيتكرن وهيك Pitcairn, Hec-quet تفسيرات مماثلة . وكانت هذه النظريات كلها تتعارض مع نظريات الكيميائيين . لقد علم فان هلمونت Van Helmont (Sextuplex digesto, alimenti) إن الهضم يتم في المعدة ، بتأثير خميرة آسيدي لا تنتجها المعدة ولكنها تتلقاها من الطحال . وتتدخل مخاثر أخرى فيما بعد ، مثل خميرة المرة (المرارة) ، وخميرة الكبد . وأشار ستارلن Starling ، أنه في الحقة التي كانت فيها الصفراء وحدها معروفة بأنها إفراز يصب في الجهاز الهضمي ، كانت فرضية فان هلمونت بالواقع أقل استحالة مما يبدو : وعندما اكتشف ستينون Sténon القناة المفرزة للنفك (أو إفرازات الغدة الكفية) تحت الاذن [1662] وربط بعمل هذه الغدة انتاج الريق ، استطاع سيلفيوس Sylvius ان يعتبر (1663) ، وبدون تجاوز ، الهضم كظاهرة كيميائية تحت تأثير العصارات من غط اللعاب . وهو تفسير ايدته اكتشاف العصارة البكرياسية ، عندما أجرى دي غراف De Graaf ، تحويل القناة البانكرياسية عند الكلب الى الخارج . (1664) .

في القرن الثامن عشر مزج بورهاف هذين النوعين من التفسير . فرأى في الهضم ظاهرة

ميكانيكية (علك ثم تقلص معدوي)، تنتهي بعملية كيميائية في تذويب وتحلل بتأثير من اللعاب ومن العصارة المعدوية .

ولكن بحسب بورهاف ، وخلافاً لرأي فان هلمونت ، تبدو حموضة (اسيدية) العصارة المعدوية هي الأثر وليست سبباً في الهضم . إن الأثر الكيميائي للاطعمة بعضها على بعض قد انطلق بفعل البقايا الباقية من الهضم السابق .

وحرص هالر ، تلميذ بورهاف ، على أن يبين في المعدة وجود نوع من الآلة (« آلة بابان Papin ») وهي مسخن حيث تمرث الاطعمة ضمن ظروف مجتمعة من الحرارة والرطوبة والتهوية . فالحرارة تعمل على تحلل الاطعمة ، ولكن اللعاب والعصارة المعدوية « وكلها سوائل تميل الى القلوية » تمنع الاطعمة من أن تتحمض تماماً . « وإذن لا يوجد في هذه الامكنة ، أي نوع من الخثائر ، يتعارض مع صفة هذه السوائل ومع غايات الطبيعة » . لا شك ان هالر يدخل بين الأسباب العمل الميكانيكي لتقبض عضلات المعدة ، ولكنه لم يلاحظ في هذه الحركات شيئاً يشبه الهرس كما يحدث لدى الطيور آكلة الحصى المحرومة من الاسنان . وعلم هالر ان الصفراء تقضي على الحموضة الطبيعية في الاطعمة المهضومة من قبل المعدة ، وتحضرها بصورة أفضل للتحلل وتحفز التمعج والتقبض المعدوي ، وإن العصارة البنكرياسية تلعب الصفراء وتقوم بوظائف شبيهة بوظائف اللعاب . ويعرض هالر وجهات نظره (المانتا فيزيولوجيا ، مجلد 6) ، وفقاً لطريقته المعتادة ، راداً تعددية التفسيرات المقترحة من قبل كتاب آخرين ، ولكن ، وكما حصل له أكثر من مرة ، دون أن يرى في أي منها زوال كل الأخريات . ولهذا اقتيد الى ذكر أعمال ريومور وامتداحها دون أن يعطيها اية أهمية خاصة .

تجارب ريومور Réaumur - كان ريومور قد اشتهر سابقاً بـ « مذكرات في خدمة تاريخ الحشرات » ، ونشر سنة 1752 ملاحظاته « حول هضم الطيور طعامها » ، ولكي يقرر بين ثلاثة أنواع من التفسيرات المقترحة : الهرس الميكانيكي ، والتحلل ثم التذويب بالعصارة المعدوية ، تحلل ريومور بعقريه استعمال سلوك تجشؤ الصقر قبل « ثم استرجع بناء للطلب » احد طيوره ، أنابيب صغيرة من المعدن المثقب تحتوي على مختلف من الاطعمة . ولم تظهر الاطعمة المجشأة اي اثر للتحلل وهضمها ، المتقدم نوعاً ما ، قد تم بمعزل عن الافعال الميكانيكية العضلية ، واحتوت الانابيب الحامية آثاراً من سائل مغشئ متلألئ ، مذاق حاد . وإذا كان هذا السائل المذيب للحوم ، لا للعجائن ، هو السبب الفعال في الهضم ، فبأي مذهب كيميائي معروف يمكن تشبيهه ؟ وإذا كانت السببية الكيميائية هي العامل الحاسم في العملية فهل بالامكان ملاحظة مفعولها خارج المعدة ؟

وقد ابلغ ثم استرجع من صقره مالتجشؤ قطعاً صغيرة من الاسفنج وحصل على بعض النقط من السائل ، بالعصر ، ثم حاول ريومور أن يستثير هضماً اصطناعياً . وإن هو لم يتوفق الى ذلك أولاً ، إلا أنه على الأقل حصل على الضمانة بأن الهضم ليس جبلاً ، ولما مات صقره ، استعمل ريومير حيوانات أخرى من بينها كلبة ويط . واستنتج من تجاربه وجود عمليتين مختلفتين في الهضم ، عملية الطحن

الميكانيكي لدى آكلات الاعشاب وآكلات الصخور ثم عملية التحليل الكيميائي لدى آكلات اللحوم . وكانت نتيجة التجارب سلبية بشكل خاص . فالعصارة المعدية لا تؤدي أولا لتسبب بفساد الطعام بل بمنعه . ولم يتوصل ريومور إلى تحديد طبيعة هذه العصارة بشكل دقيق وإلى القول ما إذا كانت هي الشرط الاساسي والكافي للهضم ولكنه حصلت لديه الفكرة الأولى عن تقنية تجريبية : هي الهضم المصطنع ضمن الزجاج In Vitro .

ما قدمه سبالانزاني Spallanzani - هذه التقنية هي التي استغلها سبالانزاني الذي أخذ يعيد التجارب التي قام بها ريومور، لحسابه الخاص . وهنا ضاعف أيضا سبالانزاني - متحضراً بدراساته كعالم طبيعي ، لمعالجة مسائل فيزيولوجية بحسب الطريقة المقارنة - تجاربه على الحيوانات الأكثر تنوعاً ، قبل أن يتخذ نفسه بنفسه كموضوع تجربة . ولكي يحصل على العصارة المعدية بلع الحيوان اسفنجيات صغيرة كان يستخرجها فيها بعد أو أنه كان يفتح معدة الطير وهو صائم . وهو أول من نجح في اجراء هضم اصطناعي بأن وضع تحت ابطيه طيلة يومين أو ثلاثة أنابيب تحتوي ، مع العصارة المعدية للحوم والقمح المهروس . واستطاع بالتالي ملاحظة ذوبان هذه الاطعمة من دون أي فساد . وحول هذه النقطة الاخيرة أبدت استنتاجاته استنتاجات ريومور . ولكنه اضطر الى مناقضتها فيما يتعلق بالفرق المفترض بين نمطين من الهضم ، الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي ، والوظيفة الهضمية لدى آكلات الصخور كما لدى آكلات الحشائش تقتضي وجود العصارة المعدية . وعلى كل حال وحول نقطة مهمة ، لم يقل سبالانزاني أكثر مما قال ريومور . وهو لم يقطع بأمر طبيعة العصارة المعدية بل إنه لم يتوصل الى اكتشاف حموضتها . وكريميني Carminati هو الذي سوف يؤكد على حموضة العصارة المعدية (بحث حول طبيعة العصارة المعدية ، ميلانو 1785) ، وكان لا بد من انتظار بروت Prout من اجل تحديد الاسيد كلوريدريك في العصارة المعدية (1834) .

نشير أن ستيفنس Stevens من ادنبرة ، قد نشر سنة 1777 تحت عنوان « وصف فيزيولوجي للاطعمة . . » وذلك بأن واحد تقريباً مع المذكرة الأولى التي وضعها سبالانزاني (أو بيسكولا ديفيسكا انيمالي وفيجيتالي ، 1776) - نتيجة البحوث التجريبية حول الهضم عند الانسان . ولكن ستيفنس بخلاف سبالانزاني جرب على الانسان وذلك حين عالج مهرجاً فقيراً يلعب الحصى ، كما فعل ريومير في صقره وسبالانزاني في دجاجة .

وكان من الملحوظ ان وظيفة المعدة في الهضم هي التي درست قبل كل شيء ، بصورة وضعية في النصف الثاني من القرن الثامن عشر . أما الطريقة ، فقد ظلت البحوث حول الهضم وصفية خالصة ونوعية اجمالاً . وكان المطلوب عزل الاسباب ، من اجل الانتقاء بين عدة تفسيرات ، بدلاً من قياس آثارها . وهنا يكمن الفرق الكبير مع أعمال لافوازيه فيما يخص التنفس . وقد رفعت هذه الاعمال الميزان وهو آلة الكيميائي الى مرتبة المفهوم الفيزيولوجي . ووراء جفاف الميزانيات المتعلقة بالطاقة ، ووراء تجريد أحد قوانين الحفظ ظهرت سريعاً مفاهيم الايضية Métabolisme في الجسم الفردي ، والميزان الحيوي في القشرة الحية التي تحيط بالارض ، وبدون أن يقصد وبفعل سحرية تاريخ العلوم

خلص لافوازيه الكيميائي ، من ثمة الاسراف والتطرف ، الطيب الشهير ، صاحب الميزان ، بابا المطبين الميكانيكيين ، سانتوريو Santorio .

III - الدورة الدموية

لم ينفك الطموح الى تحديد ، عن طريق القياس والحساب ، قوانين الظواهرات الفيزيولوجية - لم ينفك يحفز البحوث لدى دعاة الطب الميكانيكي ، الملقيين أيضاً وبحق المطبين الرياضيين . وكان هذا هو التبرير الأقل عرضة للشكوك في مزاعمهم أو مسلماتهم . فدورة الدم وتقبض العضلة قد استلفتا على الدوام وبصورة انتقائية انتباه الاطباء من هذا الاتجاه .

وهذه المشاكل لم تكن نظرية فقط . وحلولاها الممكنة تهم أيضاً الممارسة الطبية العملية والجراحية ، وبصورة خاصة السلوك الواجب اتباعه في اجراء الفصد . وليس من المستغرب إذا أن يرتقي أطباء مثل فرنسوا كيسني François Quesnay (1694-1774) وكلود لوكات Claude Le Cat (1700-1768) ، أو مهندسون مثل فوكانسون Vaucanson (1709-1782) ، وان يعدوا بناء تشريحات متحركة ، اي في هذه الحالة الات 'هيدرولية كنماذج ميكانيكية لظواهرات دورة الدم - وأيضاً للهضم ، وعلى العموم للوظائف الرئيسية ، في الجسم الحيواني⁽¹⁾ .

القياسات الاولى - لخص هارفي Harvey في كتابه « موتوكوردي » ملاحظاته كعالم تشريح ، وملاحظاته كمشرح حيوانات حية . ولم يدخل حساب وزن الدم المدفوع من قبل القلب إلا ليقوي موقفه الرافض للقول بأن مثل هذه الكمية من الدم تفرز باستمرار من قبل بعض الاعضاء الداخلية وإنها تشتت وتضيع عبر الجسم . وقد لاحظ بوريلي Borelli ، أولاً ، في الوظيفة الدورانية ، عندما ثبتت وبرزت ، وجود ظاهرة متميزة من أجل تطبيق قوانين الميكانيك الهيدروليكي . ونتيجة لذلك ، فقد حاول أن يحسب قوة التقبض السيستولي في القلب . ويعد أن قرر أن قوة التقبض في عضلة ما تتناسب مع حجمها ، ويعد أن قدر أن حجم القلب الانساني يساوي حجم العضلة الماضغة وعضلة الصلغ مجتمعتين ، ويعد أن قاس قوة التقبض بالوزن الذي يعادها ، عندها حدد بوريلي لـ 3 آلاف ليبرة رومانية (ليبرة تساوي 327,45 غرام) قوة تقبض القلب . أما الضغط الطارئ على الدم فقددره بعد حسومات محسوبة وموزونة بـ 135 الف ليبرة .

وفي بداية القرن خصص جيمس كيل James Keill (1673-1719) ، في كتابه تنتمينا مديكو فيزيكا 1718 ، خصص ثلاثة بحوث بمسائل كمية الدم وسرعة الدم وقوة القلب وقدر وزن الدم عند الانسان الذي وزن 160 ليبرة بـ 100 ليبرة ؛ وقدر الطريق الذي يقطعه الدم في الشريان الاعور لمدة

(1) راجع حول هذه المسائل دراسة آ. دويون A. Doyon ول. لياغر L. Liaigre ، « جاك فوكونسون Jacques

Vaucanson ميكانيكي موهوب » ، باريس ، المطابع الجامعية الفرنسية ، 1966 (فصل 5,6,7) .

ساعة بـ 5,23 قدم (اي 1,60 متر) تقريباً . وقدر قوة القلب بحوالي 12 أونصة (340 غرام تقريباً)⁽¹⁾ .

« هامستاتيك » ستيفن هال Stephen Hales - (توازن الدم في الاوردة) - كان هال مجرباً بارعاً ورجل دين متحمساً . ونشر في المجلد الثاني من كتابه « محاولات احصائية » الذي عنوانه هامستاتيك (لندن ، 1733 ، ترجمة فرنسية مع إضافات من قبل بواسيه ديوفاج Boissier de Sauvages 1743) ، نشر مداخلة مهمة في الميكانيك الدوراني . وقد سبق له أن قام بأعمال مهمة في البوتانيك الرياضي . وكتابه فيجتابل ستاتيكس 1727 يتضمن إعادة اجهزة بناها بنفسه من اجل قياس تغيرات الضغط في جذور الاشجار وأغصانها . وكان من الطبيعي إذاً أن يسعى هال الى قياس ضغط الدم في الاوعية الدموية كذلك ، مستخدماً مانومتراً مصنوعاً من أنبوب طويل من الزجاج ، موصولاً بأنبوبة مرة بعرق الوداج تحت الحنك ، ومرة بالشريان الشبكي في الرقبة أو في الشريان الفخذي في الحصان والكلب والتمعة . وأثبت ان ضغط الدم يختلف في الشرايين عنه في الاوردة (في الحصان يرتفع الدم 9 اقدام - 2,8 متر تقريباً - في الشريان الفخذي ، 15 بوصة - 38 سنتيمتر تقريباً - في الوريد العنقي) وإن هذا الضغط يتغير بحسب انقباض القلب وتمدده (السيستول والدياستول) . وإنه يختلف بنوع الحيوانات ، وإنه هوريزة لحالة القلب .

وكل المؤرخين في الفيزيولوجيا يتفقون على أن همستيك هال (توازنات الدم في الاوردة) ، تمثل مع الأخذ بعين الاعتبار تلمسات بوريلي وكيل ، العمل الوحيد والمهم حول فيزيولوجيا دوران الدم ، قبل أطروحة جان بوازيو Jean Poiseuille : بحوث حول قوة القلب الاورطي 1828 اي طيلة قرن من الزمن .

وعرف هالر أعمال هال وذكرها وإنه اعتبرها كتطور لا فكار بوريلي Borelli ، دون أن ينجح في أن يرى فيها جدة فكرة الضغط الشرياني .

المكملون أو المتابعون - إن أهمية وأصالة بحوث هال يجب أن لا تغطي مكانة أعمال البحوث التي عملت فيما بعد وتبعاً لتتائجها ، على تقدم الحل بالنسبة الى مسائل توازن الدم وتحركه ، وصاغ برنولي Bernoulli ، وهو استاذ تشريح في بال من 1733 الى 1751 ، لأول مرة مبدأ حساب صحيح للعمل القلبي ، كنتيجة لوزن الدفقة البطنية بمقدار الانتقال الانقباضي (السيستولي) ؛ واضيفت اليها أعماله حول السيلان المقارن للسوائل في الانابيب الجامدة والوعية الحية (هيدرو ديناميكا ، 1738) وعاد تلميذه - دانيال باسافان Daniel Passavant (دي في كورديس 1748) ، انطلاقاً من معطيات هال حول الضغط الدموي - الى حساب العمل القلبي فاقترب من المعطيات المقبولة حالياً .

(1) من المقبول اليوم أن كتلة الدم تساوي ثلث وزن الجسد البشري . وأن سرعة الدم هي 50 سنتيمتر في الأعمور ، وأن العمل الذي يوازي فيضان أومرجة البطين الأيسر هو 0.1 كيلوغرام متر .

ومنذ آخر القرن السابع عشر طرحت بصورة خاصة ، مسألة أسباب حركة الدم في الاوردة ، وفي الاوعية التي ليست ذات ارتباط مباشر مع الشرايين . وانكر بورلي على القلب ، رغم اعترافه له بالقوة - قدرته على دفع الدم في الاوردة . من هنا أهمية الملاحظات الأولى التي قام بها مالبيجي (1661) Malpighi وليو هوك (1690)، بعد أن طبق الميكروسكوب على أغشية احشاء الضفدع وعلى ذنب الشرغوف (الضفدع الصغير) لمعرفة الدورة الدموية في الشعريات . وقام كوبر Cowper باجراء مراقبة مماثلة لاغشية احشاء هر (1697) . وهالر (موتو سانفينييس 1752) هو الذي مدد قوة القلب بصورة نهائية وحتى الشعريات ، وذلك بمراقبة توالي النبضات ضمن الشرايين والشعريات ، وأتاح له نظرية اللانفعالية - كما لستاهل عقيدته حول التحضر - قوة تقيض العضلة - [ان يعطي غلاف الاوعية الشعريه ، السببية الاضافية للحركة الدموية الموجودة في هذه الاوعية . وقدم سبالانزاني لهذه المسألة مساهمة مهمة عبر مذكراته « حول الدورة الدموية الملحوظة في اجالي النظام الوعائي » ، « حركات الدم مستقلة عن عمل القلب » ، « نبضات الشرايين » (1773)⁽¹⁾ .

IV - التقلص العضلي

ربما ، أكثر من دورة الدم ، تعرض التقلص العضلي ومفاعيله : توقف ، نقل ونشاط الجسم الحيواني لتشمله ، فيزيولوجياً ، مفاهيم الميكانيك وقواعده . وقد شبه ارسطو ، في دراساته حول حركة الحيوانات ، طرف الحيوان المفصلي بآلة رفع او دفع . وأوصل التشبيهُ الديكارتي للحيوان بالآلة المقارنة الارسطية الى احجام وابعاد النظرية . ومن جهة أخرى ، كان من المقرر كلاسيكياً منذ أن أثبت اراسيسترات Erasistrate ، وغاليان Galien ، الشلل العضلي على أثر ربط العصب المقابل ، أن يفسر تقلص العضل بتدفق الأرواح الحيوانية اليه آتية عبر العصب انطلاقاً من المركز الدماغي .

تلك هما ، في بداية القرن 18 ، الفكرتان الرئيسيتان الموجهتان في علم الاعصاب ، فيما يتعلق بالمفاعيل القابلة للقياس ، بالنسبة الى التقلص وأسبابه . ولكن ، بخلاف القرن ، كان تطور الفرضيات الفيزيولوجية مرتبطاً ، بالطبع ، بتقدم التشریح ، ليس فقط فيما يتعلق ببنية العضلة ، بل وأيضاً ببنية العصب والمراكز العصبية . وفي هذا افضل بيان عن الفكرة التكوّنة ، يومئذٍ ، عن عمل الفيزيولوجي : تحريك التشریح ، بحسب تعبير هالر (فيزيولوجيا ، آناتوميا آنيما) . فضلاً عن ذلك ان هذا التطور مرتبط باتخاذ مواقف عامة ، فيما يتعلق بنماذج التفسير في البيولوجيا : الميكانيك او الكيمياء ، كما قبلاً في نهاية القرن الماضي .

(1) لقد سبقت الترجمة الفرنسية لهذه المذكرات على يد توردمس Tourdes (1800) نبذة عن الحياة الأدبية لسبالانزاني ، نبذة هي ، مع الإشارة بسبالانزاني من قبل جان سينييه Jean Senebier ، خير مصدر إعلامي حول هذا العالم . راجع كتاب جان رومان Jean Rostand : جذور البيولوجيا التجريبية والأباتي سبالانزاني ، باريس 1951 .

نظريات القرن السابع عشر - شرح ديكارت في كتاب « الانسان » (1662 باللاتينية و1664 بالفرنسية) تقبض العضلة بانتفاخها ، بتأثير فيزيائي خالص لضغط هوائي . فالأرواح الحيوانية مدفوعة بالقلب ، وموزعة بالدماغ ، وجرورة بالأعصاب تقلص العضلات بنفخها ومثير تنقلات قطع الهيكل العظمي بتقريب نقاط التداخل العظمية من الأوتار أو الربطات .

في حين ان ولس Willis (سربري أناتومي ، 1664 ؛ موريس كوفلسيفي ، 1667 ؛ موتو مسكولاري 1670) ، سحب من ملاحظاته العيادية الفكرة القائلة بأن الشكل التفجري او التكرزي ، في بعض الحالات المرضية ، لا يمكن أن يفسر بنموذج ميكانيكي عادي . وقارن العضلة بآلة ناربية واعتقد بأن التقلص له اسباب كيميائية محدثاً مفعولاً مشابهاً لانفجار بارود المدفع . في هذه الفرضية لا تجر الأعصاب ، نحو الاطراف ضغطاً هوائياً من أصل مركزي ، بل تسحب روحاً لطيفة تخرج بالدم وتثير مكاناً اشتعالياً ذا مزيج كيميائي متفجر .

ومزج المشرح الشهير ستينون Sténon في كتابه : المتوروم ميولوجيا ... 1667 ، نتائج التشرح الدقيق لنسيج عضلي ، بمبادئ بناء جيوميتري ذي رسيمات رمزية . وبين ان العضلات المؤلفة من عناصر بسيطة هي الالياف المحركة التي تشكل متوازياً منحرفاً بفضل انتشارها فوق أوتار شبيهة بالزوايا الممتدة والمسطحة . وأعاد ستينون Sténon تركيب الأنواع التشكلية للعضلات وفقاً لترتيب عقلائي وأعطى لوصف التقبض شكل مسألة جيوميتري متعلقة بتنوع السطح في ظل شرط حجم ثابت .

وطبق بوريلي Borelli (موتي اثناليوم ، 1680-1681) ، وبصورة منهجية مبادئ سكون العتلة ، على قياس قوة تقبض العضلات في الجهاز العظمي . وفي ظل هذه العلاقة ، تعتبر أعماله ، انطلاقاً من الصورة الارسطية ، امتداداً للفيزياء الرياضية عند غاليليه وديكارت . ولكن بوريلي ، بخلاف ستينون ، بحث بالاولالية الداخلية في تقلص الالياف . ومعنى من المعاني ، وافق الكيميائيين من اجل اعطاء السببية الانسانية للمظاهرة ، إلى ظاهرة محلية تخميرية وإلى غليان مزيج من العصارات العصبية والدموية .

ومعنى آخر أصر بوريلي Borelli على تفسير ميكانيكي : في العضلة المصنوعة من ألياف منتظمة بشكل مسابيح من البطون والعقد تشبه ميكانيكياً سلاسل الحلقات المطاطية القابلة للتغير ، والاجزاء المتعددة من مزيج في حالة الغليان ، تنتشر كما لو كانت زوايا تغير جيوميتري في بينها .

وعندما تمت إعادة طباعة كتاب بوريلي في نابولي سنة 1734 ، أضيف اليه ملحقان بفضل جان برنولي Jean Bernoulli : « النفور والتخمر » 1690 ، و« تحرك العضلات » 1694 ، وهما لم يصححا بصورة أساسية المبادئ التقليدية في التفسير ، وقلما تجاوزا المفاهيم التشرحية الرياضية عند ستينون ، كما أنها لم يجلّوا الضائقات الميكانيكية الكيميائية عند بوريلي . وتمسك برنولي مثل بوريلي بالليفية العضلية باعتبارها مكونة من حويصلات بشكل مبسحة يعتبر تورمها عند التقبض ، مسبباً بتدقق لا الدم بل الهواء الذي يشرب في خلاياها . وطبق برنولي على قياس تقلص الالياف نظرية المنحنيات والتحليل

التفاضلي . ولكن هذه الرياضيات مهما كانت مرتبطة بهندسة ستينون فإنها لا تعطي أهمية الى هذا الطب الرياضي المجدد .

تأثير العلم النيوتني - ان العلم النيوتني ، وقد استورد ، كما رأينا من حسابات برنولي ، من خلال فيزيولوجيا العضل قد تسرب اليها بشكل آخر . وقد كان من المؤكد ان احلال نظرية الجاذبية محل الفرضيات الكوسمولوجية الديكارتية قد امتد أيضاً إلى المجال البيولوجي . وأعطى نيوتن بذاته المثل ، في كتابه أوبيتيكس (1704) حين عالج وينفس الطريقة وينفس الأسلوب المسائل الفيزيائية والمسائل الفيزيولوجية ، في الرؤية ، باحثاً في ذبذبات الاثير المنقولة بواسطة الاعصاب ، عن مفتاح تفسير ظواهر الاحساس والحركة ودون اي تغير في الطموحات الطبية الرياضية أصبح العديد من الاطباء ، خاصة في انكلترا أولاً اطباء نيوتنيين إن أمكن القول .

يقول ك . سبرنجل K.Sprengel : في هذه الحقبة بدت فلسفة نيوتن لعدد من الاطباء هي النقطة الوحيدة التي يجب الانطلاق منها لإعطاء الفن الطبي يقيناً رياضياً (تاريخ الطب ، ترجمة فرنسية ، 1815، 5، صفحة 170-171) .

وفي نظرية الافرازات ، بشكل خاص جرت محاولة من اجل استيراد فكرة الجاذبية . ولكننا لا نقف هنا إلا عند الجهود المبذولة من أجل تجديد نظرية الحركة العضلية .

ويبدو أن جامس كيل James Keil هو الذي عرض أول محاولة لتفسير التقلص العضلي بواسطة قوة جذبية تحدثها في الدم الارواح الحيوانية ، التي يتسج عنها التمدد الكروي في الحويصلات التي تتكون منها الالياف . (واسم كتاب كيل : نتامينا مديكوفيزيكا 1718) :

وقد حاول جورج شين George Cheyne (1671-1743) الذي كان يدرس التقلص في علاقاته مع وظيفة الاعصاب (المرض الانكليزي أو معالجة الامراض العصبية من كل الانواع ، 1735) ، كما فعل ويلس Willis من قبل في القرن السابع ، ان يتفادى نظرية الارواح الحيوانية ، وفسر التقلص بفعل التمدد أو المطاطية والجذب ، نظراً لأن الالياف العضلية تحفز بذبذبات اثير عصبي داخلي ، وهو نوع من الوسيط من مبدأ فهم كل حركة . وفي مطلق الأحوال ، ارتكز شين على سلطة نيوتن ليرفض كل بحث حول جوهر الاحداث ، فاعتبر محكناً جداً وجود مبدأ حيواني للنشاط الذاتي والحركة الذاتية . وحاول بريان روبنسون Bryan Robinson في كتابه « كتاب جسم الحيوان » 1734 ، أن يبحث أيضاً عن مسبب الحركة العضلية في الحركة التذبذبية لاثير حيواني .

ولا يخلو من الفائدة أن نشير الى أنه ، في العقود الأولى من القرن الثامن عشر كان النقاش ما يزال قائماً حول وجود وحول طبيعة السائل العصبي ، وتدخل الارواح الحيوانية في العضلات كشرط موجب لتقبضها ، وذلك بسبب استمرارية الجهل لتجربة حاسمة أجراها سوامردام Swammerdam فقد بين سنة 1658 ، أمام دوق توسكانا ، إنه بالامكان عن طريق الاثارة الميكانيكية للعصب ، التسبب في تقبض عضلة الضفدع المقطوعة ، وإن طاللت المدة بقطع العلاقة العصبية بين العضلة

والجلب الشوكي ، وبعدد من المرات كثير ، دون تغير في حجم العضلة . وقد استنتج سوامردام من هذه الظروف الثلاثة في تجربته بأن ظاهرة التقبض لا تتعلق بنقل سائل ذي طبيعة معينة من خلال عصب العضلة . ولكن هذه التجربة لم تعرف إلا بعد أن نشر بورهاف كتاب « انجيل الطبيعة » (1737) باللغة النرويجية و1738 باللاتينية بقلم د . غوب (D. Gaub ، 1752 بالالمانية ؛ 1758 بالانكليزية) .

نظريات بورهاف وهوفمان Boerhaave, Hoffmann - كان تفسير التقبض العضلي بالتأكيد هو احد المواضيع التي اختلف حولها ، ويحظ مختلف لكل واحد ، المنظرون الثلاثة الكبار في منتصف القرن : بورهاف ، هوفمان ، وستاهل .

وبدا بورهاف ، حول هذه المسئلة ، ومن خلال انتقائيه المعتادة ، ميكانيكياً دون تجاوز كيميائياً بدون منهج . واعتبر الالياف العضلية وكأنها التفريعات القصوى للالياف العصبية ، فنظر ، كما فعل ديكارت ، الى الاعصاب ، بأن واحد وكأنها ألياف قادرة على التذبذب الواسع المتفرع بحسب توترها ، كما اعتبرها كقنوات تجر الى العضلات الارواح التي يفرزها الدماغ . وضغط السائل العصبي في الالياف العضلية هو الذي يسبب التقلص .

أما هوفمان ، فيصعب بشأنه الجسم هل ان العيادة وطب الامراض هما اللذان يقدمان للفيزيولوجيا مبادئها أو العكس . وفي الواقع ، لقد علم بأن الاسباب المرضية تفعل فعلها بصورة رئيسية في الاقسام العضوية الجامدة ، وفي الاعصاب والعضلات ، وان مفاعيل هذه الاسباب ترد الى نوعين من الحالات المتعارضة : الوهن اي الانحطاط والتوتر . وإذا يعلق هوفمان أهمية بالغة على الخطئية ، اي على توتر الالياف ، وتفسيره يمزج ، كما يشاء تأثير أفكار بويل ونيوتن . فمن جهة ، يعتقد ان الدم يلعب دوراً في التقبض ، بفعل مطاطيته ، وذلك عندما ينضغط في حويصلات الالياف العضلية . ومن جهة أخرى انه يؤمن بوجود تأثير كمكون أساسي للسائل العصبي .

احيائية ستاهل Stahl ومنشؤها - كان لدى جورج ارنست ستاهل شعور حاد ومباشر بعدم رد الجسم الى مجموعة أواليات (ديسكيسيسو دي ميكانيسمي ... ، 1706 ؛ دي فير ديفرسينت كوربوروي ... 1707 ، تيوريكا مديكا فيرا ، 1708) ، بحيث أنه لم يسع الى دعم تفسيراته الفيزيولوجية إلا على بروتوكولات العالم التشريحي والا على حسابات الفيزيائي . والوجه المفارق ان هذا المنظر هو تجريبي عملي ، في معارضته للمنظرين الميكانيكيين . ويرى ، في الطب ، ان التجربة ، أي الطبيعة هي التي يجب أن تستشار . وأمانة للأبقرافية في علم الامراض ، ادخل ستاهل من جديد في الفيزيولوجيا المفاهيم الارسطية حول الغائية العضوية وحول النفس . وفي رأي ستاهل ، الجهاز هو الجسم الذي تتفاعل اجزائه نحو غايات أساسية من أجل الدفاع عن كينونته . إن الجسم الحي ، كجملة من الاجزاء المتنافرة ، يميل ميلاً طبيعياً نحو التفكك ، يعارضه ترابط الرطوبات مع الحركات الحيوية التي تحكمها النفس . وتنقل الرطوبات والدم داخل الجسد يتعلق بقوة وبضغوطات تختلف أساساً عن القوى وعن الضغوطات الميكانيكية . وهذا يبرر الاهمية التي يعزوها ستاهل للحركة

الخطرية (دي موتو تونيكو فيتالي 1692) . ويبدو هذا المظهر النموذجي للقوة الحيوية وكأنه عمل عامل غير مادي يقول ستاهل عنه أنه النفس العاقلة . وتحت هذه العلاقة ، هو أيضاً يريد أن يكون نيوتنياً على طريقته ، عندما يرفض افتراض تنوعية في الاسباب من اجل تفسير مفاعيل ماثلة فيما بينها . ان كل حركة غير إرادية من الحي هي ، أيضاً ، ويمقدار ما يتكشف فيها من غائية ، حركة تحددها النفس ، وإن بدون حساب واضح وبدون وعي .

الكثير من الشروح الخفيفة خصصت لستاهل ، والكثير من الغموض ما يزال قائماً في غالبية المقارنات القائمة بين أفكاره وأفكار هالر ، حتى لبدو أنه من غير المجدي أن نثبت هنا نقطة تاريخ وعقيدة

في نظريته حول الحركة الحيوية الخطرية ، يؤلف ستاهل ، بشكل أصيل ، استقراضاً من التعبير واستقراضاً من المفهوم . إن غالين Galien (دي موتو موسكولوروم ، 8, VII, I) هو الذي سمى حركة خطرية ما يسمى اليوم خطرية وضع ناشط . واستعمل فابريكيو داكواباندني Fabricio Acquapendente نفس التعبير . واستبدل بورلي كلمة موتوس تونيكوس بكلمة أكسيو تونيكاس . ولكن مفهوم الخطرية ، كخاصة حيوية أساسية غير مؤلفة من مركب من المفاعيل الميكانيكية ، أوحيت الى ستاهل من مطالعة غليسون Glisson (1597-1677) : « دي ناتورا سبستتيا انرجتيكا » (1672) و« دي فثريكولو اي انتستنتيس » (1677) .

ميز غليسون Glisson - وهو يدرس ، تحت اسم « برسبسيو » ، ما نسميه اليوم « اثار الانسجة » ، - بين « الاثارة الطبيعية » - اي الاثارة المباشرة للانسجة ، وهي تتحقق بالحركات التقبضية للانسجة المعوية أو العضلية المتورة ، بالاستقلال عن كل علاقة بالجهاز العصبي - وبين « الاثارة الحسية » ، - في الحالة التي ينتقل فيها التفاعل المحلي للتقبض عن طريق الاعصاب الى الدماغ ، ويصبح واعياً . و« الادراك الطبيعي » تتجاوب معه الحركة الطبيعية ، التي تحددها الخصائص الداخلية في الالياف . و« الادراك الحسي » تتجاوب معه الحركة الحسية اي الراجعة - ذات الانطلاقة الخارجية أو الداخلية - أي القشورية أو المركزية⁽¹⁾ .

وما يفهمه ستاهل بالخطرية هو الصفة الشاملة صفة الاثارة والتفاعلية في الانسجة . ولكنه لا يفصل ، مثل غليسون ، التفاعلية المحلية والتفاعلية ذات المنشأ المركزي . إن كل تفاعلية عملية هي التعبير الغامض المنتشر لمبدأ حيوي غير منقسم ، هو النفس . وهذا المبدأ هو المسؤول عن حركة الخطرية ، التي هي ميزة الحياة . تلك هي احيائية ستاهل ، الذي اختصر في تفسير الحركة العضلية ، الكثير من الادوات الميكانيكية ومن التوابع التقليدية ، إنما لقاء - وهذا ما يجب قوله تماماً - زاد اضافي من الميتافيزياء .

(1) راجع اوسبي تمكين Owsei Temkin ، « الجذور الكلاسيكية في عقيدة غليسون Glisson حول التطور » (نشرة تاريخ الطب 38 ، 4 ، 1964) .

هالر Haller ونظرية الإثارة - يمكن أن نأمل الآن الاحاطة - بصورة أفضل ، بتميز هالر ، ثم بفهم أسباب سيادة نظرياته الفيزيولوجية طيلة قرن من الزمن . من جهة ، لقد اطلع هالر فعلاً على العديد من التجارب حول حركات الحيوانات المقطوعة الزمن ، وعلى الملاحظات حول تحركات أجنة فاقدت الدماغ ، بحيث رفض فرضية الأرواح الحيوانية كسبب للحركة العضلية . ومن جهة أخرى لقد استخلص من قراءة غليسون وستاهل فكرة الخاصة الحيوية في الانسجة . فلاحظ ان كل حركة في الالياف العضلية تقتصر على تقلص ، في الحي ، وعلى تراجع ، في الجثة ، بعد البتر . وسنداً لغليسون ، سمى « إثارة » هذه الخاصية الذاتية في النسيج العضلي (كالقلب والأمعاء) التي لا تلحظ ، بحسب رأيه ، لا على النسيج الخلوي ، اي الضام الرابط ، ولا على الاربطة أو الضمام ، ولا على الجلد ، والتي تستمر فوق مستحضر طازج من العضل الميتور ، المنقطع العلاقة بالأعصاب أو بالدماغ .

« إن هذه القوة تختلف تماماً عن كل خاصية أخرى في الاجسام معروفة حتى الآن ، والملاحظة بشأنها جديدة . وهي لا تتعلق لا بالوزن ، ولا بالجاذبية ، ولا بالمطاطية ، لانها مختصة بالالياف الطرية وإنها تتوارى في الالياف التي تتصلب » (1747) .

تتعلق قوة اللإثارة ، بشكل دقيق ووحيد ، ببنية العضلة ، وليست هي مدينة بشيء الى العصب الذي تعتبر « الحساسية » صفته الذاتية . وقد اقترح هالر أنه يؤسس هذا التفريق ، وبقوة ، على التجربة ، أو بصورة أدق ، على التجارب . إذ بالمثلث ، يجب عدّ محاولاته لكي يفصل ويجمع الانسجة والأعضاء ، نسبة الى وجود أو غياب هذه أو تلك من الخصائص⁽¹⁾ [اللإثارة أو الحساسية] . ويبدو القلب بالنسبة الى هالر عضواً شديد القابلية للإثارة ، يحفز الدم باستمرار تقبضه . وتأني بعده بالترتيب الأمعاء ، والحجاب الحاجز ، وعضلات الهيكل العظمي . ويقول بوجود قوة ثالثة ذاتية ، وإن ثانوية هي « التقلصية » الخاصة بالنسيج الخلوي (الضامة) .

وبالاجمال يسمى هالر تنبجية ما يطلقه الفيزيولوجيون على التقبضية ، ويسمى تقبضية ما يسمونه مطاطية ، ويسمى حساسية ما يسمونه توصيلية في العصب بحيث يمكننا أن نلخص كما يلي الفرق بين مفاهيم ستاهل وهالر . فكلاهما يقول بأن التقلصية في النسيج العضلي ، كردة فعل ضد عجز ما ، هي خاصة عضوية أصلية ، ومن هنا رفضهما المشترك لكل تفسير من النمط الديكارتي ، الكيميائي أو النيوتني للحركة العضلية . وستاهل وإن سماها [اي التقبضية] بالخطرة ، لانه يربطها بالحساسية ، أي بالقدرة اللاواعية أو الواعية للنفس ، فإنه يوسع هذه الخصوصية حتى تشمل كلية الانسجة في الجسم . أما هالر ، فبعكسه ، فهو يعطي للتقبضية الاسم الذي أطلق عليها سابقاً (غليسون)⁽²⁾ ،

(1) بارتي ياس كوربورييس . . . ، غوتنجن ، 1753 . - مذكرات حول الطبيعة الحساسة والقابلة للإثارة ،

لاجزاء الجسم الحيواني ، ترجمة فرنسية ، 1757 .

(2) في « فانتركولو أي انيستينيس » ، فصل 6 ، عنوان : « إثارة الالياف » .

وفيها بعد (براون ، وبروسيه ، وكلود برنار Brawn, Broussais, Cl Bernard) ، والمسند الى خصوصية عامة تعود الى ردة الفعل العضوية ، كما لاحظ أن التقبضية والحساسية هما في الواقع قابلتان للفصل ، فاستنتج أن الحساسية أو الاثارة لا تدين بشيء لا للنفس ولا للأعصاب . وعقيدة ستاهل كانت حيوية في المبدأ ، مرتكزة على فلسفته الاحيائية . وكانت عقيدة هالر (Haller حيوية- Vita) (lisme) في الفعل ، والتأكيد على خصوصية ردات الفعل العضوية ودعوة الفيزيولوجي لكي يضع بنفسه مبادئه في التفسير دون أمل باستعارتها عن غيره .

البحوث اللاحقة حول التقلص العضلي - فصل سبرنغل Sprengel تاريخ المصير الذي أعطاه المعاصرون والخلفاء لنظرية القوى الأولية في الجسم الحيواني ، وذلك من خلال جهودهم لاثباتها أو دحضها ، نذكر ببساطة إن أكاديمية برلين قدمت جائزة سنة 1753 لمسابقة حول تفسير عمل العضلات وإن الجائزة أعطيت الى كلود لوكات Claude Le Cat لقاء مذكرة عنوانها يكفي للدلالة بأن استقلالية وظائف العضلة والعصب لم تكن مقبولة بشكل شامل ، حتى أيام حياة هالر : كتاب الوجود ، والطبيعة وخصائص سائل الاعصاب وبصورة رئيسية أثره على الحركة العضلية .

من الممكن عند وضع مثل هذا السؤال في المسابقة ، أن تكون أكاديمية برلين قد حاولت تقليد المؤسسة - التي اقترح انشاءها و . كرون W.Croone 1633-1684 ، مؤلف كتاب « راسيوني موتوس مسكولورم » ، 1664 - في الجمعية الملكية ، « كرونيان لكتشرز » وهي محاضرات مخصصة لمسألة العمل العضلي . وكانت أولى هذه المحاضرات هي التي ألقاها الكسندر ستوارت : « ثلاث محاضرات حول التحرك العضلي » ، 1737 ، والتي كشفت عن لاثنتها ، فيما بين 1738 و 1791 ، من قبل ج . ف . فولتن J.F.Fulton . ووجود مثل هذه المؤسسة يكفي لقياس زخم الاهمية التي أثارها في القرن الثامن عشر مسألة الحركة العضلية .

ولبيان أن الفيزيولوجيا الحيوية للتقبض ، لم تبق نظرية فقط ، نذكر الكتاب الذي طبق فيه بارترز Barthez (1734-1806) قوانين العمل الحيوي في العضلات - القريب في رأيه من الخطربة التي قال بها ستاهل ، أكثر من قرينه من « الاثارة » التي قال بها هالر - على وصف وعلى تفسير حركات التحرك الحيواني (سير ، قفز ، ضباحة طيران ، الخ) : الميكانيك الجديد لحركات الانسان والحيوان ، 1798 . إنه العمل الأكثر اهمية حول الموضوع ، بعد كتاب بوريلي ، الذي ينازع بارترز مبدأه الاساسي المستعار عن غاسندي Gassendi ، ومفاده أن الحيوان يتقدم بفعل ردة الفعل المطاطية للمكان .

وبإنهاء مختصر الدراسات حول التقلص العضلي ، هذه الدراسات المحكومة بهيية فيزيولوجيا هالر ، تجب الإشارة الى أن تصفية الشروحات الميكانيكية بنظرية الإثارة فتحت الطريق ، في العقد الاخير من القرن الثامن عشر ، أمام أنماط جديدة من البحوث حول التقلص العضلي ، انطلاقاً من تجارب غالفاني حول الكهرباء الحيوانية وأعمال لافوازيه حول التنفس وحول الطاقة العضوية .

وبين اللحظة التي لحظ فيها لافوازيه وسيغين ، اجمالاً ، النسبية المباشرة للعلاقة بين الجهد

العضلي واستهلاك الاوكسجين (1789) ، واللحظة التي وضع فيها رينولت وريست Regnault et Reiset بحثاً كيميائية حول تنفس الحيوانات ، (1849) ، بصورة مضبوطة ، عن طريق قياس التفاعلات الكيميائية الأساسية للعمل العضلي ، وقعت جملة فرضيات ، بصورة تدريجية أكثر ميلاً الى القياس ، وأقل بعداً عن الهوى ، وحاولت أن توضح التقلص العضلي بالظواهر الكيميائية .

ومنذ سنة 1801 أشار ريشران Richerand ، في كتابه عناصر جديدة في الفيزيولوجيا ، فقط الى فرضيات كيميائية حول التقلص العضلي . ودونها ك . سبرنغل K.Sprengel سنة فسنة ، في استعراضه الانتقادي لتاريخ الطب بخلال السنوات العشر الاخيرة من القرن الثامن عشر . وهذه الفرضيات الكيميائية ليس لها إلا أهمية أدبية بالطبع . وإن أشرنا مجرد إشارة الى أن التشريحي الشهير ج . ش . ريل J.C. Reil 1759-1813 سمح لنفسه بأن يضع ضد الحيوية ، مادة كيميائية ، في مذكرته « فون در لينسكرافت » فذاك : لان هذه المحاولة افتتحت ، سنة 1796 ، المنشورة الشهيرة ، التي اسمها ريل Reil بنفسه : « ارشيف الفيزيولوجيا » .

V - وظائف العصب والجهاز العصبي

إذا كانت نظرية هالر Haller حول اثاره الالياف العضلية قد أعادت الى فيزيولوجيا العضلة الخدمة الاكيدة ، خدمة تحويل الأفكار عن هية الرسيمات الميكانيكية وجعلها متاحة وقابلة لطرق جديدة دراسية ، انطلاقاً من نجاحات لافوازيه الأولى في مجال الكيمياء الاحيائية ، فلا يمكن الادلاء بذات القول بالنسبة الى فيزيولوجيا الجهاز العصبي . فبعد شديد الفصل بين وظيفة العضلة ووظيفة العصب ، ساهم هالر ، بدون علم منه ، في اظلام معنى وأهمية أعمال مجموعة من المراقبين العباقره والمجربين المهرة الساعين - عن طريق تحليل شروط ممارسة قدرة التحرك اللاإرادي - إلى إقامة العلاقات الصحيحة بين الحركة والاحساس . ضمن هذه العلاقة ، كان الالهام - الذي كان بإمكان فيزيولوجي النصف الثاني من القرن ان يعثروا عليه في قراءة ستاهل - أكثر خصباً ، وإن بدا ظاهرياً أميل الى الميتافيزيا وأقل قرباً من الوضعية . ومبدأ الاحيائية [= كل شيء حي] ، بتوجيهها إياهم نحو مفهوم الكائن الحي المحافظ على نفسه والمتصرف بصورة غائية ككل ، وتوحي لهم الاحيائية بفكرة توجيهية أكثر صحة حول الوظائف المنظمة والمنسقة للجهاز العصبي . وجاءت هذه الفكرة تدعم وتؤجج الاهتمام الذي كان الاطباء العياديون يمنحونه بصورة تقليدية الى وقائع « الاستلطاف » ، أي إلى ردة الفعل من بعيد الدالة على أن البنية العضوية هي « اتفاق وتوافق » بين أعضاء ووظائف .

التفسيرات المختلفة للحركة الاتوماتيكية - إن المسألة الأكثر أهمية في الفيزيولوجيا العصبية في ذلك الزمن كانت بأن معاً تثبيت العلاقة بين توصيلية التحفيزات ، وهي شروط أساسية في الحركات ، والاحاسيس كوعي للتحفيزات ، ومن جهة أخرى العلاقة بين إعصاب العضلة ووظيفتها التقلصية واقتضت حلول هذه المسألة ، بالضرورة موقفاً تجاه مكان وأعضاء الحساسية وتمثيلها أو عرضها ضمن جدول إجمالي قد يتيح إدراكاً أفضل لاصالة فاعليها .

وهناك حدث معروف في كل وقت ، وقد تصوره ارسطو أولاً وغاليان Galien ، هو وجود حركات غير إرادية ، وفي الغالب غير واعية أيضاً ، بعضها حياتي مثل النبض والثانية حيوانية مثل تقلص بؤبؤ العين بفعل الاضاعة . ولكن يوجد عدة تفسيرات ممكنة لهذا التحديد غير الواعي لردة الفعل تجاه التحفيز .

والذي يعتبر الدماغ بمثابة خزان للارواح الحيوانية وكمناً للأعصاب التي توزع هذه الارواح ، وأيضاً كمركز إما بمجمعه ، أو في قسم من اجزائه ، أو كخزان لنفس حساسة غير منقسمة إرادية وعاقلة ، يجب عليه أن يقبل ، في بعض حالات الاتوماتية ، بأن الوصلة الدماغية بين التحفيز وردة الفعل التالية يمكن أن لا تلعب إلا دوراً ميكانيكياً . تلك هي حالة ديكارت في القرن الـ 17 وحالة استروك Astruc في القرن الـ 18 .

والذي يأخذ في الاعتبار احداث حركات الاعضاء المنفردة (قلب مقطوع لضفدعة أو الحنكيسة) أو لحيوانات مقطوعة الرأس (برمائية زواحف طيور) ، أو لأجنة من غير دماغ (ملاحظات هالر وملاحظات لوكات ، وينسلو وبروشاسكا Le Cat, Winslow, Prochaska) وبالتالي لا يأخذ في الاعتبار الوصلة الدماغية كضرورة في العلاقة بين التحفيز والحركة ، هذا الشخص قد يتردد بالمقابل ، بين تفسيرين . وإن نحن ماهينا ، من حيث الفهم ومن حيث الاتناع ، مفاهيم الحساسية والوعي الحسي ، وإن اعتبرنا الدماغ كعضو للوعي الحسي ، فإننا نجر ، بفعل ملاحظة الحركات الاوتوماتيكية اللاواعية ، إلى إنكار وجود الوصلة الدماغية كشرط ضروري للحركة . وهالر حين تصور الاثارة كردة فعل خصوصية ذاتية من بعض الانسجة تجاه محفز محلي ، يدفع الى أقصى حد هذا الميل الى اللامركزية .

وبالعكس إن اعتقدنا أن الحساسية والوعي هما مفهومان لا يغطي أحدهما الآخر وإن وظائف النفس تنقسم على الأقل من حيث موقعها ، وإن الاحساسية قد تكون غير واعية دون أن تفقد أن يكون لها موقعها المركزي ، عندئذ يمكن التردد بين كيفيتين في تصور هذا الموقع المركزي للحساسية غير الواعية .

وإن افترضنا أيضاً أن العصب يتلقى من الدماغ الارواح الحيوانية التي يسوقها ، فيتوجب ، مع الحفاظ على حصريّة مكان دماغي للنفس ، يتوجب الاعتراف ، ضمن هذا المكان أو الموقع بوجود طوابق متميزة ومنفصلة . ذلك هو حال ويليس Willis في القرن السابع عشر .

وإن احلينا محل الارواح الحيوانية ذات المنشأ الدماغى ، قوة عصبية متعايشة مع النظام العصبي ، فبالامكان الانجرار الى افتراض وجود مراكز أخرى حساسية وتنسيق احساسي حركي غير الدماغ . وهذا يقتضي افتراض وجود نوع من الحساسية غير المحسوسة ، وذلك بسبب رئيسي هو وجود واقعة نهبت أفكار ستاهل العديد من الملاحظين اليها . وهذه الواقعة هي أن الحركات الحيوانية حتى الاوتوماتيكية تحتفظ بحس تكيفي وحفظ لذات الجسم كله ، وبالتالي فإن هذه الحركات

لا تتردد إلى أوالية، وتحتفظ بعلاقة ببعض الوظائف، علاقة في أساسها نفسانية، وإن بصورة غامضة. ذلك هو حال ريت وأنزر وبيروشاسكا Whytt, De Unzer, Prochaska في القرن الـ 18 ، ومال فلوجر Pflüger في القرن الـ 19 .

في هذا الموقف الأخير تستدعي تفسيرات الحركة الاوتوماتيكية الاستعانة بالنفس بقوة احساسية مشتركة غير تمييزية ، ونرى فيها البحوث التشريعية حول بنية المخيخ والحبل الشوكي تتداخل مع محاولات الاقلمة داخل وخارج الدماغ لهذا الاحساس المشترك ، ومع التحليل التجريبي للشروط العصبية في الظواهر المحركة .

ومن مراجعة كل هذه البحوث اخذت فكرة الحركة الانعكاسية تتكون بصورة تدريجية خلال القرن 18 .

تحديد مكان الحس المشترك وتشكل فكرة الحركة الانعكاسية - أشار ديكارت في كتابه : « وصف الجسم البشري » 1664 ، أنه إذا كانت النفس لا تستطيع حفز حركة في الجسم إلا تحت شرط توفر استعداد لائق في الاعضاء ، وبالمقابل « عندما يكون الجسم قد وضع جميع أعضائه استعداداً لأي حركة ، فإنه لا يحتاج إلى النفس من أجل أحداثها » . وكان « كتاب الانسان » تفكيراً للآلة البشرية في حالتها ، قبل اتحادها بالنفس قبل أن تكون جهازاً بشرياً . وفي ظل العلاقات الحسية المحركة مع الجوار أو البيئة ، تكون الوظيفة الأساسية لهذه الآلة هي العلاقة التبعية الدائمة بين التحفيز والحركة ، بدون تدخل الوعي . وقد وصف ديكارت لهذه الغاية بعض الظواهر التي سميت فيما بعد بالانعكاسات مثل الانعكاس البؤري ، والانعكاس التراجعي الذي يقوم به العضو تجاه حرق ، وانعكاس تمدد الذراع أثناء السقوط .

وقد أعطى ويليس عن هذا النوع من الحركات المثل النموذجي ، انعكاس الحيك (شرينكتون) ، وذهب إلى حد أبعد مما ذهب إليه ديكارت عندما سمى هذه الحركة صراحة « بالحركة الانعكاسية » ، محدداً ضمن تعريف المفهوم المقابل : « تكون الحركة انعكاساً عندما تتعلق مباشرة باحساس سابق بصفته سبباً أو فرصة ظاهرة ، عندها يرتد للتو ، نحو نقطة المنشأ » (في حركة العضلات ، 1670) .

وافترض ويليس أن كل حركة تقتضي دفقاً منطلقاً من المركز ، من الارواح الحيوانية ، إنطلاقاً من المخيخ ، وليس فقط من الدماغ - ولكنه ميز بين الحركات الارادية المحكومة بالدماغ ، مثلاً التنقل ، الحركات الطبيعية أو غير الارادية المحكومة بالمخيخ وبالحبل الشوكي ، مثل التنفس أو النبض القلبي ، وبذات الوقت ميز بين نفسين ، النفس الحسية والعاقلة والثانية الحسية الحياتية المشتركة بين الانسان والحيوانات (دي أنبيا برتورون ، 1672) . والتحديد التوبوغرافي لمراكز هاتين النفسين واقع عند الانسان ، في الأجسام المتشبكة ، وبهي مركز الحس المشترك في النفس العاقلة ، وعند هذا المستوى يتم التمييز بين الاحاسيس الحسية المعكوسة كحركات ، بدون الرجوع إلى الوعي ، والاحاسيس المدركة

صراحة كأحاسيس من قبل النفس .

في القرن الثامن عشر تخصص فينسنت Vieussens (1715-1641)، وبورهااف Boerhaave (1747-1678) La Peyronie ، ولوري (1785-1725)، وهالر Haller، ولايبروني حتى لا نذكر الا المهمن من بين جمهرة من التشريحيين ، للحس المشترك ، أماكن عضوية متنوعة ، بحسب الفكرة التي كونوها ، بحسب تقنياتهم في التشريح وبحسب النتائج الحاصلة ، كما عينوا مناطق دماغية لاصول الاعصاب . وفي أواخر القرن لم يخش المشرح الكبير سوميرنج Sommering (1830-1755) من توطين الاحساس المشترك في مِصَالَة بطينات الدماغ (أوبرداس أورغان دوسيل ، 1796) ، وهو رأي لم يأنف كانط من النظر فيه .

وإذن لا مجال للعجب أن نرى جان استروك Jean Astruc (1766-1684) ، في مونبلييه ، يوطن الحس العام المشترك في المادة النخاعية (المادة البيضاء) من الدماغ . وأتاح هذا التوطين لهذا المؤلف أن يقترح تفسيراً لظواهر الاستلطاف الذي يتضمن ، من جديد ابتداء من ويليس ، فكرة الحركة الانعكاسية (أن سمباتيا بارسيوم . . . 1736) . كيف يحصل بعد تحفيز أو تخريب قسم من الجسم ، أن يقوم قسم آخر بالعمل (التفاعل) من بعيد ؟ رفض استروك Astruc التفسير ، الشائع يومئذ ، وبوجهه تربط بعض الياف الاتصال الاعصاب فيما بينها . ويرأيه ، تكون كل الالياف العصبية مفصولة ومستقلة ، من الدماغ الى الاطراف او الحواشي . وفسر استروك Astruc انفعال الاستلطاف بالانعكاس الفيزيائي للمشاعر في لب الدماغ . وعندما تأتي الارواح الحيوانية ، المحركة بفعل الاثارة ، والموجهة نحو الدماغ من قبل العصب ، فتصدم احد الالياف النسيج الدماغي ، فقد يحدث ان « تنعكس وفقاً لاتجاه يرسم زاوية انعكاسية تعادل زاوية النزول » وتغشي في ثقب عصب محرك واقع على هذا الاتجاه المنعكس .

والعطش هو مثل الانعكاس الذي اختاره استروك : تهيج المنخرين يحفز ودياً تقبض الغشاء الحاجز « وفقاً لاولية مريحة وسريعة ، وبسيطة ويمكن أن تتألف في ثأويل كل الوديات من ذات النوع » . ويجب أن نذكر عرضاً أن هالر عرف وذكر هذا الشرح للوديات ، دون أن يدرك مداها الممكن بالنسبة الى نظرية آلية الحركات . إن نظريته حول الاثارة تمنعه من ذلك .

روبر ويت Robert Whytt . تصوره لوظائف الحبل الشوكي - ان روبر ويت (1766-1714) ، من ادنبره ، - برفضه ، مثل استروك ، تفسير الوديات باتصالات خارج الدماغ ، بين الاعصاب ، وبعجزه عن القبول ، كما فعل هالر ، بإثارة عضلية مستقلة عن الاحاسية - انظر الى ابتكار مفهوم تجديدي بحق لوظائف الحبل الشوكي . وفي كتابه « محاولة حول تحرك الحيوان لا إرادياً » (1751) ، حاول ويت ان يثبت عبر الملاحظة وعبر التجربة ان الحركات هي دائماً من مفاعيل تصميم النفس ، التي دافعها ، مرة الادراك الصريح الواضح ، ومرة الاحساس الغامض في تطبيق حافظ يعمل في الجسم . وفكرته الموجهة ، في تفسير الحركات اللاإرادية ، هي ان هذه الحركات لها غاية بادية ، اي إعادة أسباب المشاعر القبيحة . مثلاً ، ان التقلص عند تضيق البؤبؤ مع الضوء ، لا يتعلق

بالفعل المباشر للضوء على القرنية ، بل للانبهار المزيج المنتقل الى الروح عن طريق الشبكية والعصب البصري .

« والنهاية العامة لكل الحركات هو ابعاد كل ما يثير ، ويزعج أو يعكر انسجام وظائف الكيان الحيواني » . والمعنى الحيوي لكل الحركات (المعنى الذي لم يخش ريت أن يشبهه بالمعنى الادبي ، الآني ، اللامنطقي) هو الذي منع من اعطائها اسباباً ميكانيكية خالصة . ولكن ريت ينكر أن يكون « ستاهلياً » ، واحداً من أولئك الذين « تخيلوا أنه لا يمكن استخدام النفس لتفسير هذه الحركات إلا إذا قبلنا برأي الستاهلين بأكمله » . إن المبدأ الحسي ليس النفس العاقلة والحاسبة ، أو بصورة أدق ، إنه هذه النفس بالذات - ولا توجد نفسان - بمقدار ما تنقل عن الحساب وعن التفكير ، وبمقدار ما تكفي أن تكون احساساً آنياً ، ومن جراء هذا غير راع . من الناحية الفيزيولوجية ، إن هذا يعني أن العضل لا يتقلص الا إذا أثير . ولكن ريت لا يجهل اية حجج يستمدها هالر ، تدعياً لنظرياته ، من مراقبة حركات الحيوانات المقطوعة الرأس أو الاعضاء المبتورة . عندئذ افكر بدور الحبل الشوكي في التحديد الحسي للحركة .

« لان الحبل الشوكي ، لا يبدو فقط أنه امتداد للمخ والمخيف ؛ ولكن من الممكن أنها تعد سائلاً عصبياً بذاتها ، وإنه بهذا السبب تدوم الحركات الحيوية وغيرها ، طيلة اشهر في سلحفاة قطع رأسها » .

وفي كتاب لاحق ، ظهر سنة 1764 ، وترجم الى الفرنسية سنة 1777 ، تحت عنوان « كتاب الامراض العصبية الوسواسية والهستيرية » يذكر ريت التجربة التي سبق أن أجراها الكسندر ستوارت Alexander Stuart (1736) ، وهي وخز القائمة الخلفية لضفدع مقطوع الرأس .

نلاحظ « عادة حدوث أقوى الاختلاجات ، ليس في الفخذين فقط والركبتين ، بل في الجذع والجسم بالذات » ؛ وفي بعض الاحيان يضطرب الضفدع بحيث يغير مكانه » . إلا أن هذه الحركات الودية - ونقول اليوم ، انعكاسات - تتوقف حالما تنقطع الصلة بين العضو المستحث والدماغ والحبل الشوكي ، وهما منشأ كل الاعصاب : « وتدخل غالبية عضلات فخذ وساق [ضفدعة] في حالة التقلص ، حتى بعد قطع رأس الحيوان ، شرط أن يكون الحبل في العמוד الشوكي قد بقي كاملاً ؛ ولكن عندما تتلف هذه المادة النخاعية أو تسحب ، فإن الياف العضلة ، التي تكون قد حفزت ، ترتخف قليلاً ، ولكن العضلات المجاورة تظل في سكون كامل » .

لم يلفظ ريت كلمات انعكاس المشاعر ، لكونها عند استروك عرضت ضمن إطار من الفيزيولوجيا الميكانيكية . ولكنه الاول الذي تثبت ، دون أن يسمى ، من دور الحبل الشوكي كمركز انعكاس .

انتقاد اونزر - نصب ج . آ . اونزر J.A.Unzer (1727-1799) ناقداً لـ « ريت » فميز احساس العصب والحساسية بالذات وزعم أن حركة الحي ليست محددة بالضرورة من قبل النفس ،

وإن كانت غير قابلة للرد الى ظاهرة ميكانيكية . إن الجسم الحيواني هو تماماً جهاز من الآلات ، ولكن هذه الآلات هي إما طبيعية أو عضوية أي أنها آلات حتى في اجزائها الصغرى ، كما قال لينيز Leibniz عنها . وليس من الضروري أن يكون للآلة الحيوانية دماغ ، وروح . وهذا لا يعني بالضرورة أن تكون القوة العصبية ، عند الكائنات بدون دماغ ، مجرد عمل ميكانيكي . إن القوة العصبية هي قوة تنسيق وربط للآلات العضوية . ويكفي لتشغيل هذه الوظيفة أن تسمح عقد وضاغط ومقاطع عصبية ، لشعور عصبي من منشأ خارجي أن ينعكس الى إثارة ذات منشأ داخلي موجه نحو هذا العضو أو ذاك . إن حركات البولب ، وهو حيوان بدون مخ ، تفسر هكذا . وهذا التفسير يصح بالنسبة الى الفقرات المقطوعة الرأس .

« مثل هذا العمل العصبي ، المعزى الى انطباع حي داخلي ، غير مقترن بتمثيل أي تصور ، انطلاقاً من انطباع حي خارجي ، هو مثلاً ما يحصل عندما تقفز ضفدعة مقطوعة الرأس ، على اثر وخز اصبعها » (ارست غروندي ، . . . 1771 ، 495 - « المبادئ الاساسية ، في فيزيولوجيا تتعلق بالطبيعة الذاتية للاجهزة الحيوانية »)

وهكذا يظهر قوام اصالة اونزر Unzer : رفض مماهة اللاميكانيكية بالاحيائية ؛ لا مركزة ظاهرة انعكاس الاثرات التي لم يعرف ويليس Willis واستروك كيف يتصورونها إلا بعد إعطائها مركزاً دماغياً .

تركيب بروشاسكا - نجح ج . بروشاسكا G. Prochaska (1749-1820) وهو استاذ تشريح وعلوم العين في براغ وفي فينا ، أن يؤلف بين ملاحظات ويت حول وظائف الحبل الشوكي وفرضيات اونزر حول امتداد الوظيفة العصبية المنعكسة خارج الدماغ . ورأى بروشاسكا في مذكرته حول « وظائف الجهاز العصبي . . . » (1784) إن فيزيولوجية الجهاز العصبي قد حصرت كثيراً بالدماغ ، وإنها تجاهلت كثيراً التشريح المقارن ، وإنها بالتالي ، وقبل اونزر ، قد تجاهلت أن القوة العصبية - لقد انتهت مسألة الأرواح الحيوانية - تتطلب فقط سلامة العلاقة بين الالياف العصبية ، والحس العام المشترك ، المتميز عن الدماغ . إن العصب الحي يستطع - بدون إتصاله بالدماغ ، بحكم إتصاله بالعصب المحرك المربوط بالعقل ، وبواسطة الحس المشترك - أن يؤدي الى تحويل الاحساس الى حركة . حتى ولو أن بروشاسكا لم يقطع أيضاً وبصورة نهائية مع الرأي القائل بأن الحبل الشوكي هو ضمة من الاعصاب ، فقد أكد بشكل جذري بأنه مع البصلة ، مركز الاحساس العام ، الشرط الضروري والكافي لعمل العصب ، وإن قسمة البصلة تعني قسمة القوة العصبية دون القضاء عليها ، مما يفسر استمرارية القابلية للاثارة وللحركة لدى الضفدعة التي قطع حبلها الشوكي . وعند مستوى الحبل الشوكي يجري ، برأي بروشاسكا ، انعكاس (تحول) الاحساس الى حركة . وبمعكس ما قاله استروك ، لا يعتبر بروشاسكا هذا التحول ظاهرة فيزيائية خالصة ، لا تخضع إلا لقانون شبيه بقانون الانعكاس البصري ، ولكن بنفس عقلية ويت ، يحكم بأن الانعكاس النخاعي للمشاعر العصبية يخضع لقانون بيولوجي هو حفظ الحي .

والأمثلة التي أوردها بروشاسكا هي تلك التي سبق أن وصفها ديكارت وأستروك على التوالي : اغلاق الجفنين والعطس . وقد عرف بروشاسكا ، بأفضل من سابقه ، علاقة الحركة الانعكاسية بالوعي : وقد ميز صراحة مظهر هذه العلاقة كآلية اضطرارية عن مظهرها كلاوعي اختياري ومتقطع ، وسند هذا التمييز بحجج من التشرريح المقارن . في السلسلة الحيوانية يضاف الدماغ الى الحس المشترك . وعند الانسان ، أضيفت النفس الى الجسد بفعل الله ؛ وعلى كل « انها لا تحدث على الاطلاق اي عمل يتعلق تماماً وفقط بالنفس ، ولكن كل أعمالها تتم بفعل الجهاز العصبي ، كما تتم بآلة هذه الأعمال » . ونرى هنا بروشاسكا ينتهي حيث ابتدأ ديكارت : إن النفس تستعمل في حالة الحركات الارادية ، جهازاً يمكن أن يعمل أيضاً بدون مساعدة وبدون اذن . ولكن الاطار التشريحي الفيزيولوجي لهذا التأكيد يختلف جداً ، لأن بروشاسكا يرى الجهاز العصبي لا « كعموم » مثل ديكارت ، بل كسلسلة ، بحسب السلسلة الحيوانية ، وكنية معقدة بصورة تدريجية وتراثية ، يشكل الدماغ البشري كمالها دون أن يكون غمطها أو صورتها .

وتبعت بحوث الفيزيولوجيا العصبية ، مع ويت واويزر وبروشاسكا ، طريقاً غير ديكارتي ، ليس فقط بابتعادها عن المسلمات العامة في الميكانيكية ، ولكن ربما أيضاً باستعمال أسلوب غريب عن التعاليم الديكارتية ، وتحليل الوظائف الفيزيولوجية لا يمكن أن يدفع أكثر الى الامام ، بالارتكاز فقط على تشريح الاعضاء والمناثلات الميكانيكية . والتشرريح لا يعني ، بالمعنى الصحيح ، تقسيم الصعوبة . بالمقابل ، إن الطريقة المقارنة للوظائف وللبنيات المقابلة ، بحسب السلسلة الحيوانية ، تتيح ، في فيزيولوجيا العصب - كما أتاحت لسبالانزي Spallanzy في فيزيولوجية التنفس أو الدورة الدموية - إثبات المظهر الاساسي الاول لوظائفه ، هذا المظهر الاسهل إدراكاً في حالة الاجسام الاقل دقة في التكامل . وعلى هذا فالحيوانات المسماة « ذات الدم الباردة » (البرمائيات والزواحف) اعتبرت في نظر المراقبين والمجريين معدات غنارة . وحتى من خلال المختصرات السابقة ، يمكن أن نرى كم كانت الضفدة ، اذا أمكن القول ، البنت الجيلة بالنسبة الى الفيزيولوجيين ، لقد استفادوا منها كثيراً كما خدمتهم جيداً .

ولادة الفيزيولوجيا الكهربائية - إن الصفدة هي التي أتاحت لغالفاني Galvani ، في بولونية (إيطاليا) اكتشاف وظائف العصب في طريق قطع فيه فيزيولوجيو القرن اللاحق شوطاً كبيراً الى الامام ، بفضل تقنية الفيزيولوجيا الكهربائية . وتأثير السائل العصبي للشارة الكهربائية على الاجسام كان احدى عجائب القرن وحتى احدى تسلياته . إذا كان كالداني ، من بادوق استعمل قنبلة ليد Leyde ، التي صنعت سنة 1745 ، لدراسة مفاعيل الشحنة الكهربائية على القلب والعضلات (1756) ، فبالمقابل استعملها الأب نولي Nollet لاثارة الدهشة وللتسلية وذلك حين حمل لأول مرة ، 180 جندياً من الحرس الملكي على القفز ، وللمرة الثانية 700 راهباً ممسكين بأيدي بعضهم البعض ، بفعل شحنة كهربائية من قنبلة قوية . وبصورة أقل استعراضاً ، لاحظ ويت Whytt سنة 1751 ، المفعول التقبضي والغذائي للهزة الكهربائية على العضلات المشلولة . وقرر ولش ، بتجارب أجراها في

مدينة لاروشل La Rochelle 1772 الطبيعة الكهربائية للهزة التي تحدثها السمكة الرعادة وهي ظاهرة اعتبرها هالر Haller ، متبعاً مثال بوريلي Borelli ، مجرد عمل ميكانيكي . وإذا ليست الصدفه فقط ، هي التي أتاحت لغالفاني Galvani عندما كان يدرس في سنة 1780 تأثير الشرارة الكهربائية على عضلات فخذ الضفادع ، ان يلاحظ وجود تقلصات محدثة ، بدون شرارة ، تحت تأثير قوس مكون من معدنين مختلفين . وقد جاءت الفكرة لان الكهرباء كامنة في الجسم بالذات ، فتابع التجارب لكي يحدد آياً من الاثنين : العضلة أو العصب ، هو المركز ، وأيهما الموصل (فيريباس الكترستي . . . 1791). وأثار النقاش بين غالفاني Galvani وفولتا Volta الذي كان ينازع في وجود كهرباء حيوانية العديد من الاعمال ، من بينها أعمال فاللي Valli وأعمال الكسندر دي هبولد d'Alexandre de Humboldt . وهكذا ، وبنفس الوقت الذي تلقت فيه وظيفة التنفس الحيواني ، من الكيمياء تفسيرها الأول التجريبي والدقيق ، وجدت وظائف العصب والمراكز العصبية ، في التيار الكهربائي ، أكثر من مجال مشابهة ، من اجل تفسير طبيعة القوة العصبية كما وجدت وسيلة تقنية حاسمة من اجل التحليل الصحيح لشروط عملها . وكانت نتائج هذه التقنية التحليلية . قد ازدادت بعد ذلك عدداً كما ازدادت دقة ، خاصة ، وبخلال العقود الأولى من القرن التاسع عشر ، عندما قام ليفا لوا Le Gal-lois ببيان التجزؤ الوظيفي للمركز النخاعي (1809-1812)، كما قام شارل بل أولاً (1811) وماجوندي تالياً 1822 فميزا بين الوظيفتين المحركة والحسية ، وكذلك الجذور الداخلية والخارجية للأعصاب الفقرية Rachidien .

VI - الغدد وافرازاتها

كان يبدو أكثر ملاءمة للنظام الفيزيولوجي ، أن نرسم تاريخ نظرية الافراز ، بعد تاريخ الدورة الدموية وقبل تاريخ الفيزيولوجيا العضلية والعصبية . ولكن تاريخ الدراسات المتعلقة بالافرازات تمتاز بأنها تؤكد ، الآن ، أن الاطباء الفيزيولوجيين في القرن 18 قد أحسوا أكثر فأكثر ، وبحدة بامستحالة الاكتفاء بالرسيمات التفسيرية التي قدمتها الطبابة الميكانيكية .

لقد أعطى ديكارت (كتاب الانسان) وبوريلي (موتي اغاليوم ، قسم 2 ، فصل 9 و 10) للغدد بنية ووظائف الغريبال ، قال بوريلي (الطرح 145) : « ان الصفراء يمكن فصلها عن الدم ، في الكبد ، بخدعة ميكانيكية ، وبدون لاستعانة بأية خبيرة » وأضاف بغليفي Baglivi (فييرا موفريس . . . 1701 : سيسيمن . . . ، 8،10) الى نموذج الغريبال نموذج المصفاية أو المرشح . ولخصت مقالة « الغدة » التي قدمها العالم التشريحي تارين الى الانسيكلوبيديا ، لديدرو والميير-Diderot ، هذه المقالة لخصت تماماً كل الفرضيات التي كانت معروفة يومئذ ، لورد الافراز الى عملية غريبة لاجزاء متشابهة عند مستوى مسام مختلف الكائنات . وقد ارتد الجدل بين مالبيجي Malpighi et Ruysch ، فيما يتعلق بالبنية التشريحية للغدد - الاول اي مالبيجي Malpighi

قال بوجود قناة شعرية فارزة ، مسكرة من جهة جذور الغدد العنقودية ؛ والثاني قال بأن الغدد هي مجموعات الاوردة بدون وضع غشاء حاجز فيما بينها ويسن التجويف الافرازي - هذا الجدل دار لمصلحة الاول بفضل تجارب فرين Ferrein (1769-1693) مستعملاً تقنية الحقن في القناة المفرزة 1749 . وعلى العموم لم يشعر احد بأن الثبث من البنية الغددية الخاصة يساعد الفرضية القائلة بوجود وظيفة خصوصية لفصل الاخلاط والرطوبات .

وجع هالر في الكتاب الثاني (1760) من عناصر « الفيزيولوجيا » (مقطع 1-2-3) الذي كان مستمراً في تفضيل رأي رويش Ruysch على رأي مالبيجي Malpighi ، مختلف الشروط التي كانت معتمدة حتى ذلك الحين ، لكي يفسر تنوع الافرازات ، ولكي يضيف اليها - وهذا مشكوك به - التغيرات في القدرة على تبيج المجاري الافرازية . وتضمنت مراجعته للنظريات التفسير التي اقترحه جاسم كيل James Keil ، مضيفاً الى المجال الحيواني تشریح الجاذبية النيوتونية . وهدت الصفة الانتقائية للافرازات مشروحة بصورة جذرية بفعل تجاذب الاقسام المتجانسة في الدم فيما بينها ، يساعده في ذلك تباطؤ سرعة دوران الدم ، نسبياً مع بعدها عن القلب .

ولكن إذا كان النموذج النيوتوني في التفسير قد ذهب الى رفض النموذج الديكارتي ، فإن ذلك لم يحصل فقط لاسباب رياضية خالصة . إن القدرة الاليمائية في مفهوم الجاذبية تعود أيضاً الى غموضها . فالجاذبية مثل التعاطف تثير نوعاً من الميل أو الاتجاه ذي الطبيعة التفسانية الغامضة . والعلاقة بين العضو الفارز والسائل المقروز يمكن أن تشبه علاقة اللياقة أو التفضيل ، ويصبح الافراز انتقاء واختياراً . ولهذا لا مجال للدهشة أن تتضمن الانسيكلوبديا ، في مقالة « الافراز » والتي كتبها طبيب من مونبلييه هو هنري فوكيه Henry Fouquet ، 1806-1727 ، تشبيه ظاهرة الافراز بنوع من الاحساس ، والفرضية القائلة بأن كل غدة ، وكل ثقب له مذاقة الخاص . كان فوكيه ولا شك مبسطاً أكثر مما كان منظراً ، وهو بدرجة أقل أيضاً تجريبي . ولكنه استخدم فقط أعمال أحد كبار الاطباء في ذلك العصر : تيوفيل دي بوردو Théophile de Bordeu 1776-1722 الذي استنتج ، في « بحوثه التشريحية حول الغدد » (1751) ، استحالة القبول بأن أعضاء مثل الغدة الدرقية والبنكرياس والطحال والكبد ، الواقعة كما هي في الجسم الحيواني ، تكون خصائصها الافرازية بسبب أعمال ميكانيكية خارجية مثل الكبس أو الضغط .

وبحسب بوردو Bordeu يعتبر الافراز عملاً خاصاً بالغدة أو نوعاً من الاختلاج الذاتي ، تحت تبعية فعل الاعصاب . وقد احل بوردو محل الإثارة التي قال بها هالر الحساسية كمبدأ وحيد لتفسير ذاتية الافراز . وهكذا تعتبر هذه الوظيفة ، بعد غيرها من الوظائف حيوية نموذجية ، لا ميكانيكية ولا كيميائية .

ويجب أن نشير في هذه الاثناء أن كتاباً من أمثال هالر أو بوردو ، مع رفضهم للتفسيرات الميكانيكية ، يحفظون بمسلة مشتركة مع خصومهم ، أي أن السوائل المنفصلة عن كتلة الدم بفعل

الغدد الافرازية توجد فيه تحت نفس الشكل السابق على الافراز . وكان لا بد من انتظار القرن التالي وملاحظات علماء الأنسجة أمثال ج. غودزير J.Goodsir (1814-1867) في سنة 1842-1845 ، ود. هيدنهين R.Heidenhain (1834-1897) في سنة 1868 و 1874 ، ول رونفي (1835-1922) L.Ronvier في سنة 1869 ، حتى يتم فهم الافراز ، عند مستوى الخلية الحية ، كعمل فيزيولوجي ، وكصنع ناشط لمنتوج بدون مثل سابق .

VII - نظرة اجمالية حول فيزيولوجية القرن الثامن عشر

في حوالى سنة 1780 ، وبفضل أعمال لافوازيه وغالفاني ، أصبحت الرسيمات التفسيرية التي وضعها اطباء الميكانيكيون متخلفة بصورة نهائية . فالكيمياء والفيزياء هما اللتان سوف تقدمان للفيزيولوجيا نماذجها . وسوف تخلف القوانين ، بالمعنى النيوتوني للكلمة قواعد الميكانيك . وروح نيوتن التي نسجت على العلم في هذا القرن جددت الفيزيولوجيا ، لا باستيراد المفاهيم - وقد رأينا عقم المحاولات التفسيرية (عن طريق الجذب من بعيد) للتخلص العضلي - بل عن طريق تنافس بين الطرق . وإنجبه الفيزيولوجيون - وقد اتعهم باطل هذه التفسيرات الشفوية المتنافسة - نحو ما قدمته الوظائف الحياتية من خصائص ذاتية . إلا أن هيمنة النيوتونية ولدت أيضاً لدى الكثير من المفكرين النظريين عقيدة راسخة وثابتة .

وكردة فعل ، أراد الموقف الحياتي ، الذي كان موضوع تأمل سهل - فهو لم يقف بوجه التجريب ولا المفهومية في مادة الفيزيولوجيا العصبية بل بالعكس - أراد أن يكون فقط نمطاً نيوتونياً من الانتباه للاتصال الخاصة بالوظائف البيولوجية ، دون تفلسف حول أسبابها . وكذلك المدرسة المسماة مدرسة مونتبلية Montpellier ، لم تتضمن مع بوردو وبارتز كذلك اي ميتافيزيك ، فيما كانت تسمى الحركة الحيوية أو المبدأ الحيوي ، أكثر مما فعله هالرفيا سماه الإثارة .

ويمكن لكتاب « عناصر جديدة في علم الانسان » (1778) ، لمؤلفه بارتز Barthez ، ان يعتبر ، بدون نمويه ، معالجة منهجية في التجريب الفيزيولوجي ، العملي ، انطلاقاً من مبدأ مزدوج السلبية : « المبدأ الحيوي للانسان يجب أن يفهم بموجب أفكار مختلفة عن الافكار المتكونة عن صفات الجسم والروح » . وكذلك ، لقد ظلم بيشات Bichat (1771-1802) كثيراً ، وفي أغلب الأحيان ، لأنه طالب ، في كتابه « بحوث فيزيولوجية حول الحياة والموت » (1800) ، باستقلالية الطريق البيولوجي . وعلى نقبض الفيزيولوجيين النيوتونيين المتشددين من أمثال كيل Keil ، لم يؤكد بيشات Bichat الا على خصوصية قوانين التنظيم الحيوي . وقد شدد على عدم استقرارية الظواهرات الحيوية . والواقع أنه لم يقل ان هذه الظواهرات كانت غير محددة وفوضوية ، لقد أنكر أن تكون خاضعة لحنمية شبيهة بالحنمية السائدة في الميكانيك العقلاني . ولا يمكنه أن يتصور حنمية بيولوجية ذات غط احصائي ، أعطى الكشف عنها بصورة تدريجية ، بخلال القرن الـ 19 ، لافكاره معنى غير متوقع أساساً . لقد كان بيشات نيوتونياً في أسلوبه وفي حذره .

ويبدو أن كورنو Cournot قد سبق وأدرك اصالة الفيزيولوجيا الحيوية : « تقوم الحركة الحيوية بالضبط على إبراز المشابهات القائمة رغم التنوع العجيب في كل مظاهر الحياة ، وتأخذ هذه المشابهات كخط مرشد ، دون طموح الى الوصول الى جوهر الحياة » (تأملات حول مسيرة الافكار والاحداث في الازمنة الحديثة ، طبعة بوافين Boivin ، مجلد 2 ص 136) .

هذا التنوع العجيب في مظاهر الحياة ، بحث الفيزيولوجيون من القرن الثامن عشر عنه في كل الأشكال الحيوانية التي اخترعتها الحياة ، من البولب الى الانسان ، من الضفدع الى الاوران - أوتان ، هذا الشكل العجيب الوسيط (وكانوا يسمونه في القرن الثامن عشر رجل الغابات) وقد درسه كامبر Camper وبلومن باخ Blumenbach ، من حيث اللغة والذكاء والعلاقة مع الانسان . وإذا كان يفهم بكلمة كلاسيكية عقلية التصنيف الدقيق الممزوجة بعقلية التعميم الرياضي ، فإن فيزيولوجيا القرن الثامن عشر ليست كلاسيكية . إذ جعلت مادة تجريب من كل حي ، وقد اهتمت بالأشكال الوسيطة كما قال ليبنيز Leibniz ، وإن هي عمت ، فوفقاً لأسلوب الحياة بالضبط ، وذلك بتوزيع التنوعات التي لا نهاية لها على بعض الطروحات . إنها فيزيولوجيا ساذجة ، فضولية تتطلع الى شتات التفصيلات والى تشابك طرق الطبيعة .

بين القيمة العلامة للأنظمة الطبية في بداية القرن ، هذه الأنظمة التي ورثت من العقائد السابقة، وبين الاضطراب الفوار في البحوث التجريبية في القرن التاسع عشر، مثلت فيزيولوجيا القرن الثامن عشر هذه الحقة في جده الدراسة التي انفجرت فيها أفكار قديمة عند تماسها مع التجربة ، وحيث سمح للجرأة ان تأخذ مداها وحيث فاز الالهام على الاستثمار الهادى للعادات ، وذلك بانتظار تقنيات جديدة ، مبتكرة في أغلب الاحيان بدون سبق تصور وتصميم تتيح (اي التقنيات الجديدة) بواسطة نلاقي النتائج ، تمييز أي من هذه الاهتمامات كان عفويًا وأيها كان مستنداً الى مسائل .

كانت هذه الفيزيولوجيا الحية كما هي الحياة - حيث اتخذ رجال مثل سبالانزاتي وسيغين ، أنفسهم كموضوع لتجاربهم ، على نفس الاساس الاستقصائي الذي اتخذه ويت وريومور وهال حول الضفدع وحول السقاوة [الصقر] والحصان - هذه الفيزيولوجيا كانت بالمعنى الأكثر جدية والاكثر غنى ، فيزيولوجيا مزيجية عجيبة .

الفصل الثالث :

الطب

في القرن الثامن عشر وجه الفلاسفة الافكار اتباعاً جديداً ، مختلفاً تماماً عن الاتجاه الذي طبع بطابعه « الاصلاح الديني » ، و« نقيض الاصلاح » .

وعلى الصعيد الطبي ساهم الفلاسفة ، وهم من أنصار المادية ، في تقدم البحوث التجريبية الخالصة ، ولكنهم أشاروا أيضاً رداً فعل عنيفة من قبل أولئك الذين لم يريدوا أن يشبهوا جسم الانسان بآلة بسيطة خاضعة لقوانين الطبيعة . كما أن العقائد والانظمة الطبية التي ازدهرت يومئذ ، دعمت وجهات نظر متناقضة تماماً . إن الطب لن يكون إلا هذا في مطلق الأحوال ، وقد سجلت الدراسات العديدة تقدماً ملحوظاً على القرون السابقة ، وكانت هذه الدراسات متممة في بعض الاحيان بأصالة حققة .

I - ما قدمه التشريح

التشريح الماكروسكوبي (النوعي) - بلغ التشريح الذي لعب دوراً كبيراً جداً في عصر النهضة ، رشه الان . فقد أكمل القرن السابع عشر أعمال المشرحين الكبار في عصر النهضة ، حتى أن المعارف في مجال التشريح الكبير بدت عميقة واسعة جداً . والعلماء التشريحيون رغم كثرتهم ، رتبوا ونظموا وعرضوا في أضواء أكثر منطقاً وأيسر بياناً ، ما سبق ووصف من قبل ، وذلك في كل المجالات ، سواء فيما يتعلق بعلم التصنيف أو بعلم العظام أو بعلم الاعصاب ، أو بعلم السيندسمولوجيا أو في النظام العصبي أو في علم الاوعية الدموية واللمفاوية أو في اعضاء الحس أو في اعضاء التناسل ، أو في علم الاحشاء .

ونذكر من بين الكثيرين الألماني ب. س. البينوس B.S. Albinus والانكليزي و. شيسلدن W. Cheselden للعظام ، الإيطالي ج. د. ستوريني للعضلات ، الألماني أ. س. تيسيسوس A.C. Thebesius من أجل دراساته حول الدورة التاجية ، والإيطالي الأب مسكاني P. Mascagni من أجل اللمفاويات ، والفرنسي ج. ميناك J. Sénac للقلب وآ. فرين A. Ferrein للكبد والكليتين ، والألماني ج. ن. ليبركون J.N. Lieberkuhn الذي وضع دور الرغيبات المعوية ، والفرنسي تيوفيل بوردو Théophile de Bordeu من أجل الغدد ونسيج اللتحمة وماري فرانسوا زافيه بيشات Fran-

— cois-Xavier Marie من أجل الغشاء البطني (الشمبر) والثانة ، والفرنسي فليكس فيك اوزير Felix Vicq d'Azyr للدماغ ، والايطالي آ. بكيوني A. Pacchioni للأغشية الدماغية وكذلك الألماني ك. آ. برغن K.A. Bergen من أجل الغشاء العنكبوتي (في الدماغ) ، والايطالي آ. سكاربا A. Scarpa للأعصاب ، والألماني هـ. آ. ريسبرغ H.A. wrisberg ، للنظام العصبي البطني ، والألماني ج. زن J. G. Zinn ، والفرنسي ب. ديمور P. Demours للعنين ، والايطالي آ. م. فالسالفا A.M. Valsalva الذي عمل عملاً ملحوظاً في مجال السمع ، والانكليزي آ. مونرو A. Monro الابن من أجل القناة المنوية الخ .

يضاف الى هذا الحصاد الغني من المشرحين المشهورين الذين قدمهم القرن الثامن عشر ، أولئك الذين عرضوا مباحث التشريح في جو مميز في أغلب الأحيان ، بإذلين الجهود بصورة خاصة ، من اجل تقديم المساعدة الى الجراحين ، وذلك بتحرير أعمال تشريحية توبوغرافية ، خطة خطة ، كما ظهرت تدريجياً تحت موضع الجراح . نكتفي هنا بذكر اسماء المؤلفين المشهورين أمثال الفرنسيين: ب. ج. ديسوت P.J. Desault ، ر. ب. سباتيه R.B. Sabatier ، ج. ل. بتي وج. ر. تينون J.L. Petit et J.R. Tenon ، والانكليز : و. شيسلدن W. Cheselden ، آ. مونرو الابن A. Monro وجون هنتر John Hunter الذي كان تأثيره ضخماً في بلده ، والألمان ج. ي. هينستريت J.E. Hebenstreit ول. هيستر L. Heister ، والفلمنكي ج. بالفين J. Palfyn والسويسري آ. فون هالر A. Von Haller ، والدنماركي الباريسي ج. ب. ونسلو J.B. Winslow الخ هذا التعداد البسيط يدل على أن التشريح في القرن الثامن عشر كان من صنع الفرنسيين والألمان والطلّيان مجتمعين .

التشريح الميكروسكوبي (المجهرى) - عرف التشريح الميكروسكوبي الذي استيقظ في القرن الماضي ، وقت جمود . وأكثر ما يمكن أن نذكر ؛ نورد أن بوردو وصف النسيج المخاطي ، الذي عرف بصورة أفضل فيما بعد باسم النسيج اللتحمي او الضام ، وبيشات وصف الأغشية .

نذكر على كل حال استعمال كلمة « نسيج » التي انتشرت سريعاً ، إلا أنها لم تتخذ المعنى النسيجي الا في القرن اللاحق .

إن المتناهات الصغر كانت مدار بحث رغم صعوبة القول بأن الذين درسوها قد اظهروا سبق إدراك وتحجراً . في سنة 1700 اظهر الفرنسي ن. اندري Andry أن كل الامراض سببها بويضات منتشرة ومبثوثة في الفضاء وتدخل الى الجسم عن طريق الجلد والرئتين أو الجهاز الهضمي ، فتولد فيما بعد الدود . وقد تسببت له هذه الاعمال بلقب « رجل الدود » . وفي سنة 1722 عزاج . ب. غوافون J.B. Goiffon الطاعون الى حشرات لا ترى ، تعيش في الدم ، ولكنه لم يقدم اي دليل حسي على أقواله ، وكذلك لم يقدم آ. ديديه A. Deidier الدليل الحسي على مقولته حول الدود الزهري . وقد وضع م. آ. بلنسي M.A. Plenciz نظرية مهمة حول الجراثيم المرضية الذاتية . ورغم وضوح هذه النظرية إلا أنها لم تستند الى اي دليل ميكروسكوبي .

التشريح المرضي - يعتبر التشريح المرضي الماكروسكوبي أحد مقدمات القرن الثامن عشر الأصلية ، رغم أن بعض المؤلفين قد حاولوا تنفيذه في السابق . ويبدو أن كل الناس قد فهمت فائدة هذا العلم الجديد . ولكن كان لا بد من انتظار هذه الحقبة حتى يتم وضع عمل تأليفي تركيبي . لقد خصص الايطالي ج . ب . مورغاني G.B.Morgagni (1682-1771) حياته لهذه المسألة المهمة حيث قدم تجربته الطويلة وعلمه الواسع . وقد غطى تأليفه الضخم الذي فرض نفسه حلاً على كل معاصريه في الواقع كل علم التشريح المرضي .

ولكن عمل مورغاني مهما كان كاملاً ، لم يكن يكفي بذاته كي يعطيه هذه الشهرة العالمية ، لو أنه اكتفى بوصف الأمراض التي رصدها وراقبها .

وكان فضله الكبير أنه لم ينس العيادة ، وإنه وضع لكل حالة كل العلاقات المرجوة بين المؤشرات الملحوظة على الحي ، والاعطاب الملحوظة على الجثة . وأصبح بالتالي كتابه دليلاً ثميناً بيد العيادين عند وضع التشخيص .

وفي فرنسا جرب ج . ليتود J.Lieutaud وضع كتاب عائلي ، إنما على خجل ، في حين أن فيك دازير Vicq d'Azir كتب مقالة جيدة حول هذا العلم في الانسيكلوبيديا . ورغم أن ييشات لم يكن متخصصاً فإنه أسس عيادته على التشريح المرضي ، وقرر نهائياً ضرورة البحث في الجثة عن أسباب الموت .

نذكر أيضاً في المانيش . ف . لودويغ C.F.Ludwig ، وفي انكلترا م ، بايي M.Baillie . هؤلاء المؤلفون سوف يعملون على جعل الفحص الجسدي مرتكزاً على أسس موثوقة . ثم أنه نجح الاشارة الى أنهم قد سوقوا ، في مطلع القرن من قبل ر ، فيسنس R.Vieussens الذي وصف بشكل ممتاز القصور الأورطي .

II - الأنظمة الطبية

في بداية القرن 18 كان هناك نظامان طبيان يتزاحمان على كسب رضى عدد كبير من العلماء : الطب الكيميائي والطب الميكانيكي . وكانت المنازعات حادة بين أنصار كل من النظريتين⁽¹⁾ . وعلى كل حال كان الطب الميكانيكي يستهجن من وقت إلى آخر بالكيمياء حتى أن بعض المفكرين غير القطعيين ظنوا بأن الطب يكسب إن هو استعان بالنظريتين . من هنا نشأ نظامان آخران عرفا نجاحاً كبيراً بفضل واضعتهما هو الهولندي هرمن بورهافه (1668-1738) والألماني فردريك هوفمان (1660-1742) وبصورة تدريجية احتلت الكلمات مثل التصلبة (Solidisme) والاختلاطية والاحيائية محل الاسماء القديمة ، أسماء النظريات الطبية ، والجوامد والسوائل ، أو النفس ، وكلها كانت في أساس الانظمة الجديدة .

(1) نذكر أن ما قدمه القرن 18 في مجال الفيزيولوجيا البشرية والحيوانية قد درس في الفصل السابق .

نظام بورهاف Boerhaave - كان بورهاف يرى ان الجسم البشري مكون من جوامد تسبح في سوائل او رطوبات . والعنصران تحركهما حركات تدل على الحياة ، فإذا توقفت الحركات كان الموت . ولم ينكر بورهاف وجود النفس ، ولكنه اعتبرها بحكم عدم ماديتها ، بمنأى وبمعزل عن كل قياس وإنها يجب أن توضع فوق الحياة . وقد لاحظ الحركات ، ولكنه ظل متقيداً بالصعيد الموضوعي ، فلم يحاول أن يعرف عن روح سيبها . وهناك 3 عوامل أخرى تشترك في الآلة البورهاافية ، هي : الكيمياء والحرارة والارواح الحية . وظل الهضم ظاهرة ميكانيكية ، ولكن الافرازات الهضمية يجب أن تختلط بالطعام حتى يمكن امتصاصه بشكل عصارة . والحرارة الحيوانية تؤمن طبخ هذه الاطعمة التي عندما تصل الى الدم ، تصاب بالتباطؤ . في مستوى الدماغ ، حيث تصنع منها الأرواح الحية . وهذه الاخيرة (الارواح الحيوية) ، بواسطة الاعصاب ، تؤمن مختلف الحركات التي تحمي الجسد .

وبذات الوقت العادي ، تكون الجوامد بحالة توازن بفضل سببين : الاول خارجي : الهواء ، والثاني داخلي : وهو الاخلاط أو الرطوبات . فإذا تغيرت هذه الاسباب ، يحصل انتقال من حالة الصحة الى حالة المرض . هذا الدور الممنوح للجوامد يبرر اسم الجمودية المطلق على هذا المذهب .

ويرى بورهاف أن الهواء يمكن أن يتغير في خصائصه الفيزيائية : حرارة ، رطوبة ، ضغط ، وتوجد اذن أمراض ذات هواء حار وذات هواء بارد وذات هواء رطب وذات هواء جاف ، وذات هواء ثقيل وذات هواء خفيف وهي مفاهيم تذكر بالافكار الغالية .

والاخلاط قد تضطرب بفعل ميكانيكي أو كيميائي فحسب ما اذا كان هناك تأخير أو تسريع في دورتها ، سيولة أو لزوجة في تركيبها . وأخيراً يمكن للكتلة الاخلاطية أن تزداد أو تتدنن دون أن يتغير تركيبها ، ويمكن أن ينظر في درجة حموضتها أو قلويتها وهي تتغير . وقد يوجد أيضاً حالة تجمد .

أما الارواح الحيوية ، التي يصعب السيطرة عليها ، فيرى بورهاف أنها قد تتخرب بالافراط او بالتفريط ، الامر الذي ينعكس على الالياف التي هي نهاية مطافها . وقد يحدث احياناً عند دراسة الظواهر الرئيسية للمحظة في حالة المرض : انسداد ، التهاب ، أو حمى . وتشكل هذه الاخيرة بالنسبة اليه عملية إنعكاسية ارتدادية ضد الموت ، وليست مرضاً . ويميز بورهاف بين الامراض الحادة العارضة والامراض المستعصية . وهذه الاخيرة قد تأتي فجأة أو تشتت سن الأولى . وهكذا يستلهم هذا النظام بأن واحد النظامين اللذين سبقاه ، كما يستلهم المتنوعات التي ادخلها سلف بورهاف في ليد ، اي سلفيوس Sylvius الذي أعطى للهضم دوراً أكبر بكثير .

والغرض من المعالجة هو محاربة الاصابات المتنوعة ، بعلاجات أو بمسهلات أو بمسكنات أو بمقويات ، مع الالتزام بالقواعد الصحية . وكان هذه النظرية العديد من الانصار في البلدان المنخفضة وفي النمسا والمانيا .

أسلوب هوفمن أو نظامه : يرى هوفمن في نظامه أيضاً أن الجسم البشري هو آلة وإن الحركة هي التعبير عن الحياة . فضلاً عن ذلك ، أنه يستبعد الروح عن عمد ، دون أن ينكر وجودها . ونظامه يستلهم فلسفة لينيز .

وآلة هوفمن مائية في أساسها : فالحركة الدورانية ، في الاخلات هي قوام هذا النظام . ويفهم هوفمن بالاخلات ، الدم واللف والعصارة العصبية . والسبب الرئيسي في حركتها هي الاطعمة ، وأما الهواء فغريب عن هذه الفيزيولوجيا . وتذهب الاطعمة المتمثلة الى الدماغ بواسطة الدم . ويبرز الدماغ السائل العصبي الذي يغذي الحركة وبالتالي نبضات القلب ، وكذلك يغذي حركات الام الجافية (اي الغشاء المغلف للدماغ والحبل الشوكي) (ويتبع هوفمان هنا النظريات الايطالية التي كانت سائدة في القرن الـ 17) . وتحكم هذه الحركات بدورها في الافرازات ، والمستخرجات ، والتمعج المعوي ، أي ، خارج السحايا ، في الوظائف الحياتية النباتية . وهذا الاستنتاج مكنته من القول بأن المادة يمكن أن تكون مزودة بقوة داخلية ذاتية ، وهو أمر في اساس نظريات هالر Haller .

وفي مجال النطاسة (الباثولوجيا) طور هوفمن نظامه الى اقصى حد تفصيلي مما جعله كثير التعقيد ، فالامراض ذات منشأ خارجي تأتي عموماً عن طريق الجهاز الهضمي ، الذي هو مجرد مر وليس مركزاً للمرض ، كما عند هلمونت Helmont وسلفيوس Sylvius . وعلى كل حال يفرق هوفمن بين مراحل النقل الهضمي ، ويسند أمراضاً مختلفة إلى كل مرحلة . والاخلات المضطربة بفعل دخيل خارجي غير طبيعي تعمل بدورها على احداث الاضطراب في الارواح اللطيفة ، الأمر الذي يجر بصورة ثانوية الى اضطرابات في التيار الدوراني وفي الافرازات ، الخ . ويعمل هوفمن أيضاً الحبل الشوكي الذي هو المفصل للاعصاب الاطرافية ، ويرى أن الاضطرابات المحدثة في الجسم بفعل مؤذ لا تحدث الا إذا أصيب الحبل الشوكي . ويرى هوفمن أن بعض الامراض يسببها الهواء الفاسد عن طريق التعفّنات ، وهو هواء يحمل وينقل ولا يعمل ذاتياً بفعل الخصائص الفيزيائية كما عند بورهاف .

وتلعب السموم والكحول والناخ والنجوم دوراً أيضاً ، ولكنها لا تمارس دورها الضار على الجسم إلا بعد إصابة الحبل الشوكي . هذا المفعول يولد الاختلاج أو بولد الوهن . والاختلاجات تؤذي وتؤلم إن أصابت منطقة حساسة . وهذه المفاهيم سوف تتوجد عند كولن Cullen إنما بواسطة طريق آخر ان الاختلاجات هي ميزة الأمراض الحادة والوهن فهو من شأن الأمراض المستعصية . والحميات هي أمراض متميزة ترتبط بمختلف مراتب الجهاز الهضمي .

والمعالجة تكون مزدوجة لانه اذا كان هوفمان قد بقي وثقاً من الطبيعة ، فإنه يفضل على كل حال مساعدتها منذ البداية : وإذا لا توجد مرحلة تربص . وهو يحسب حساساً لكل العوامل الأبقراطية التي من شأنها خلق أرض خاصة : عمر ، جنس ، مزاج ! مناخ فصل ، نوع حياة .

والعلاجات أربعة أغماط : مهدئة ومقوية ، مخرجة أو مسهلة وفناكة . ويستعمل هوفمان ، زيادة على شرايه المسكن الشهير ، علاجات تجريبية ثابتة : الكافور ، الكينا ، الحديد ، النقرن ، باستثناء الافيون . وقد أمر أيضاً بالحمامات الباردة أو الحارة . ولهذا فإن علاجه يستقي الى حد بعيد من المخزن الكيميائي . وكان تلامذة هوفمان عديدين في المانيا وناشرين في أنكلترا وإيطاليا .

الاثارة والعقائد التي تنبثق عنها - ونشأت نظريات طبية أخرى في تلك الحقبة أيضاً ، استمد بعضها ، وهو أكثر أصالة ، منشأه من نظرية الاثارة التي وضعها فرنسيس غليسون Francis Glisson ، ثم ابرز قيمتها البرفون هالر Albert Von Haller (1777-1708) ⁽¹⁾ .

ويرى غليسون أن « الالياف » هي العنصر المكون الاساسي في كل جهاز حي .

وقدرة الالياف على التحرك بتأثير من عامل خارجي يبقى بعض الوقت ، بعد الموت ، وليس إذاً هو مظهر من مظاهر النفس . فضلاً عن ذلك اصر غليسون على البقاء في صعيد التجربة ، فعزا الى الالياف الإثارة وزعم أن هذه الخاصية يمكن أن تميزها الكائنات الحية ، لان الحياة تتميز بمجموع هذه الاثارات المحلية .

وعاد هالر الى أفكار غليسون فطورها بشكل ضخم وطبعها بطابع عبقرية الى درجة أن أعماله حلت بسرعة محل أعمال سلفه . وبين هالر عن طريق التجربة ان الاعصاب ليست إلا موصلات . وخاصية الاحساس التي عزاها إليها ليست إلا ثنائية . أما التقبضية فهي عضلية بشكل خاص . وبقاؤها بعد الموت يدل على أنها ليست من مظاهر الحياة . وحدد هالر ، وهو يتفحص مختلف أنسجة الجسم ، درجات الإثارة أو الاحساس بالنسبة الى كل منها . وهناك أجزاء يكفي لاثارتها تحرك الاخلاط الدائرة (الحياة النباتية) ؛ وهناك بالعكس أنسجة تحتاج الى عامل مطلق معين حتى تثار (الحياة والعلاقات) .

ومن بين العديد من تلامذة هالر ، حرص البعض على توضيح العديد من مظاهر نظريته ، في حين ناهض بعضهم بعضاً من استنتاجاته . وطبق الالماني هـ. د. غوب H.D.Gaub ، 1780-1705 نظريات هالر في البيولوجيا العامة ؛ ومحاولته هذه ، التي بدت حجولة ، اتخذت مثلاً . واعتمد غوب وجهات نظر هوفمن حول أهمية دور السوائل ، وطبق الاثارة على الاخلاطية ، فاعتبر أن الحركة الميكانيكية الخالصة مرتبطة بالاخلاط . أما الصحة فتعزى ، مثل ما هي في نظام هوفمن ، الى توازن منسجم بين الجوامد والاخلاط ، أما المرض فيعزى الى اختلال هذا التوازن ، الذي يؤدي الى تغير في الاثارة ينعكس ، بواسطة الالياف على الإبرجة فيولد الافرازات والانسدادات والبثور ، الخ .

وعزا بعض تلامذة هالر الى الاعصاب دوراً أكثر أهمية فلم يعتبروا الاثارة إلا كمظهر ثانوي من

(1) وتاريخ هذه النظرية معروض من الزاوية الفيزيولوجية في الفصل السابق .

مظاهر القوة العصبية . وهذه النظرية فتحت أمام البتولوجيا آفاقاً جديدة . وحاول الانكليزي وليم كولن William Cullen 1710-1790 ان يرجع الى مصادر الحياة وأن يسند الى النظام العصبي المكانة السامية في البتولوجيا . ففي حين ظن هوفمن أن الامراض لها منشأ مضمي ، وإن المراكز العصبية لا تصاب إلا بصورة ثانوية عن طريق الاختلاط، فإن كولن أعمل مباشرة الإثارة على الاعصاب . إن العامل المرضي يؤثر في الجهاز العصبي الذي يتفاعل فيغير انفعالاته الخاصة . وهكذا تكون الالياف عندئذ إما موضوع تقلصات شديدة ، توتر ، أو موضوع ارتخاء ووهن ، عنها ينتج المرض . والحصى ليست مرضاً بل هي ردة فعل من الجسم ضد الامراض . والامراض تنقسم إلى 4 فئات : حمى مرتفعة، وهن وخور ، ونحول ، وإصابات جراحية واتخذت نظريات كولن والمدارس المختلفة التي انبثقت عنها اسم البتولوجيا العصبية أو العصبية .

أما الاستطباب فهو بشكل خاص ديناميكي ، والمرض السائد هو الوهن . وكان كولن يفضل بشكل ملحوظ الكينا ، وكان يكره الموهنات أو المضعفات مثل الشربات أو المسهلات . أما الالتهاب ، وهو المظهر الموضوعي للحصى فكان يعالج بمضادات الحرارة أو مضادات الالتهابات . وعلى كل حال نسي كولن ، مثل بورهاف ، في أغلب الاحيان نظرياته أمام المريض ولذا لم يتورع عن استعمال الادوية الذاتية أو الكيميائية المعروفة الفعالية .

وكان جون براون John Brown (1735-1788) تلميذاً على التوالي وخصماً لكولن Cullen ووقف بشكل خاص على صعيد الحياة الإنبائية ، فرأى في الاثار التي تحرك الجسم التعبير الخاص عن الحياة، واعتبر أن عدداً من الاثار أو المحفزات ضرورية لتنشيطها . فالامراض تنبثق اما عن كثرة المحفزات (وهي الامراض الحادة) وإما ، في أغلب الاحيان عن نقص المحفزات (الامراض غير الحادة) . والحميات هي إذاً امراض وتنقسم الى امراض ذات سخونة مرتفعة (حادة) ، وإلى امراض غير حادة (الحميات بالمعنى الصحيح) .

وكذلك على الصعيد الموضوعي هناك امراض بلغمية (ذات حمى) . وهناك التهابات غير مقرونة بالحصى تسمى الاوهان . وهذا النظام اخذ اسم «البراونية» . والاستطباب سهل بواسطته : فالعلاجات تكون مخففة للحرارة (الفصد ، الشربات ، المقيثات ، الخ) ، أو تكون في أغلب الاحيان مقويات مهيجات (خمر ، كحول ، كهرياء ، الخ) .

وتطبيق نظريات هالر في البتولوجيا ، استمر بنوع من التفاعل التسلسلي . ففي الدرجة الاولى قام الايطالي جيوفاني راسوري Giovanni Rasori (1766-1837) ، وكان تلميذاً لبراون ، بخصمه خصصاً رهيباً ، فاستنتج من نفس التجارب استنتاجات معاكسة ، من ذلك مثلاً أنه وصف حالة استعداد حاد للمرض كان براون قد وصفها بأنها حالة مرضية كامنة . ومن اجل التثبت من حالة الاستعداد هذه التي كانت سبب المرض . كان راسوري Rasori يجري فصداً . فاذا تحسنت حالة المريض فالحالة هي حالة استعداد إثاري ، وفي الحالة المعاكسة هناك استعداد مضاد للآثار . ونتج

عن هذا النظام الجديد استطاب يخضع لنفس قوانين طبابة براون Brown .

ولم تكن النتائج التي حصل عليها أنصار هذه الانظمة رائعة ، وانتشارها كان عارضاً . ولكنها ولدت نظريات أخرى امتدت الى القرن اللاحق . ففي حين دعم براون Brown وكولن Cullen ، المفهوم الأبقراطي للأمراض العامة قبل الايطالي جياكومو توماسيني Giacomo Tommasini ، دون أن يرفض هذا المبدأ ، بوجود أمراض موضعية أيضاً ، تستخدم كحلقة ضرورية بين الانظمة السابقة ونظرية جديدة لا تقبل الا بالامراض الموضعية هي : البروسيسية . وهذه النظرية ، المعقدة نوعاً ما ، ظهر بها ف . ج . ف . بروسي F.J.V.Broussais (1838-1772) الذي استمر اثره الضار لمدة طويلة في باريس . فالعمل الطبيعي للجسد يتأمن بفضل حافز خارجي : الحرارة الخارجية التي تؤثر في وظائف الانسجة عن طريق الخلاط ، ويولد تلف المحفز ، بصورة أوتوماتيكية ، حالة من المرض في نسج معين .

ويأتي تعقيد هذا النظام من جراء ادخاله الجهاز الهضمي في حلل الامراض ونقلها ، معلقاً ، بصورة خاصة أهمية كبرى على التهاب المعدة . ويدخل الاستطاب ، المعاكس لأبقراط ، دون أن يأخذ في الاعتبار الامكانيات التي تحدث عن ردات فعل الجسد . وكانوا يأمرؤن بالقصد الكثير ، واستخدام العلق المصاص في الرأس والمعدة .

الاحيائية Animisme - ودون انكار وجود النفس ، كانت الانظمة السابقة لا تعطيها أي دور في حياة الجسد ، كما كانت تحاول تشبيه القوانين البيولوجية بأواليات كيميائية أو ميكانيكية بسيطة . فكان من الطبيعي اذن ظهور تيار معاكس يعطي للنفس دوراً أولياً مهماً ، فكانت الاحيائية التي ابتدعها ج . ي . ستاهل G.E.Stahel (1734-1660) . يرى ستاهل ان لا شيء يحدث في الجسد بدون تدخل النفس ، سواء في الحركات الارادية أو غير الارادية . والظواهرات الميكانيكية أو الكيميائية ليست إلا مراحل ثانوية مدونة ضمن مجمل تحدده النفس ، وضمن غائية محددة تماماً تظهر في كل العمليات التي يكون الجسد مركزاً أو مقاماً لها .

وتعمل النفس في الجسد بثلاث وسائل رئيسية : الدورة الدموية وهي الوسيلة النبيلة ، ثم الافرازات ثم الاخراجات ، التي ليست مظاهرها الميكانيكية والكيميائية إلا ثانوية وموجهة . إلا أن ستاهل لا يوضح العمليات المختلفة التي بواسطتها تؤثر النفس على الجسد . وتظل فيزيولوجيته بدائية في حين يهمل عن قصد التشريح والكيمياء .

ويأتي المرض عن سوء عمل النفس التي يجب إفساح المجال أمامها لتعمل بمفردها على إعادة الصحة ، و«نفس» ستاهل تتماشى هنا مع «طبيعة» أبقراط . ويقتصر عمل الطبيب على مساعدة عودة العافية بصورة طبيعية ورأى ستاهل الذي اضطر الى اعتبار النزف الباسوري مفيداً ، إن الحمى ليست مرضاً بل ردة فعل النفس ضد المرض ، وقد اهتم كثيراً بالنفس .

أما الطبابة فتعطي مكاناً واسعاً أمام الاضطرابات الدورانية . وهناك أمراض احتقانية وأمراض

نزف . وأسبابها أما داخلية وأما خارجية ، ولكن الاليف يمكن أن تكون مضطربة أيضاً ، الامر الذي يولد الاختلاجات ، والتغير في الحظيرة ، الخ . وبعض الاضطرابات تصيب بصورة خاصة الجهاز العصبي ، فتجر وراءها الشلل والرجفة والانحطاط الخ . فضلاً عن ذلك يدخل هنا مفهوم الموضع بواسطة الامزجة ، كما هو عند أبقرراط ، كما يدخل أيضاً مفهوم الهواء والاطعمة والحماية الصحية ، والهواء الخ . والطبابة الواعية تساعد الطبيعة بدلاً من أن ترهقها بصورة منهجية بكثرة الادوية . وقلما كان للطب مفهوم اسلم من هذا المفهوم للاشياء . فقد اتاح رؤية الظاهرات من زاوية أقل اطلاقاً وكان تلامذة سناهل كثيرين في المانيا وانجلترا ، إلا أنهم كانوا أندري في فرنسا حيث اتحد فرنسوا بواسيه دي سوفاج 1766-1767 Francois Boissier de Sauvage وكان في بادئ الامر ميكانيكي النزعة الطبية ، فانضم الى هذه النظرية ، كهزمة وصل بين هذه النظرية الالمانية ومدرسة موبلييه التي ينتمي اليها .

الحياة Vitalisme - هناك ميل غالباً ، إلى جمع الارواحية والحياة . والواقع أنها نظامان مختلفان ، نقطة الاشتراك بينهما هو الاعتراف بوجود ظاهرات ميكانيكية وفيزيائية دون اعطائها الدور الأولي . ففي حين أن الإحيائية تجعل النفس مسؤولة عن كل ما يحدث في الجسم ، ترد الحياة هذه القوة الى مبدأ حيوي قابل للهلاك يمكن وضعه في مركز وسط بين النفس والظواهرات الفيزيائية الكيمائية ، ويعزى تاريخ الإحيائية قبل كل شيء الى مدرسة موبلييه التي تخرج منها كل الاسماء العظيمة التي صنعت هذا النظام الذي أسسه تيوفيل دي بورديو Théophile de Bordeu (1722-1776) . يرى بورديو ان الغدد تلعب الدور الرئيسي في الجسم فكل واحدة منها مزودة بحياة خاصة وتقوم بوظيفة محددة تماماً . وتتبع الحياة عموماً عن امتزاج الحيات في كل الغدد . ويتم التنسيق بين الغدد ، وهو تنسيق من شأنه تأمين الحالة الصحية للجسم ، بفضل النسيج الخلوي الذي أحسن وصفه بورديو تحت اسم النسيج المخاطي .

واقترب بورديو من هالر وابتعد عن تفسيرات الاطباء الميكانيكيين ، فعزا عمل الغدد الى الاعصاب التي تخدمها والتي تعمل بفعل الاثارة أو التحفيز . وانفصل عن هالر معترفاً للغدد بخاصتين مميزتين : الاحساسية والحركية فيجعلها على نفس المستوى مع اعترافه بأن الحركية تقع تحت سيطرة الاحساسية ، الى درجة أننا نطلق اسم احساسية على المبدأ الذي يتحكم بالحيوات الصغرى البوردوية (نسبة الى بورديو) . ويرى أن الحياة تعبر عن نفسها قبل كل شيء بالافراز الغددي رغم اعترافه بالدور السامي لثلاثة أعضاء : هي المعدة والدماغ والقلب .

ولما كانت الحياة مرهونة بهذه الاحساسية ، فالخضوع للبتولوجيا ينبع على ما يبدو ، من الاختلال في هذه الاحساسية . ولكن بورديو لا يشرح هذا الخضوع ، مكتفياً بالمبدأ العام مبدأ تدخل الاحساسية لاعادة النظام ، مما يقربه من أبقرراط Hippocrate ومن سناهل . ان الاسباب المرضية هي خارجية أوداخلية ، ويلعب الالتهاب دوراً مهماً في هذه الحالة الأخيرة .

وقلب هنري فوكيه Henri Fouquet (1727-1806) ، تلميذ بورديو ونظام هالر وعزا أهمية

خاصة الى الاحساسية ، ضد التقلصية . وبين هاتين الخاصتين يضع مزدوجاً من القوى ، وهي فكرة سوف يأخذها خلفاؤه من بعده ، ولإعادة الحالة الصحية المخربة فهو يطمئن الى الالياف الحية المزودة بهذا المزدوج من القوى . ويعتبر بول جوزيف بارتز Paul-Joseph Barthez (1734-1806) رمزاً للحياة المونبلية (نسبة الى مونبلية) رغم أنه لا يعتبر مؤسسها بل ان عبقريته القوية جعلت من هذه النظرية الفيزيولوجية نظاماً متكاملًا . ويقبل بارتز بمزدوج القوى الذي قال به فوكيه والمتكون من الاحساسية والحركية ، وهما خاصتان يضعهما تحت سيطرة قوة عليا .

ولا يغطي الاسم الذي أطلقه عليها « المبدأ الحيوي » اية غاية مسيقة . وهذا التعبير كان قد استعمل من قبل في مونبلية من قبل آ. فيز A. Fizes الذي لم يكن حيوي المبدأ . ولا يتكرر بارتز Barthez حاله في ذلك حال بوردو ، لا وجود ردات الفعل الفيزيائية الكيميائية ولا وجود النفس ، ولكنه يضع الحياة عند مستوى وسط بين الوجودين . وبالمقابل ، إنه يرفض الحيوانات الصغرى التي قال بها بوردو . فهو يرى أن المبدأ الحيوي وحيد ولا توجد أية تسلسلية يجب اجتيازها . وهكذا تفوته الحياة النباتية غير الواعية والتي يجعلها الاحيائيون تحت سيطرة النفس . إن المبدأ الحيوي يسيطر على الحياة الحيوانية كما تتحكم النفس بحياة العلاقات ، وبصورة خاصة بالحركات الإرادية .

وطبق بارتز نظامه على البتولوجيا ، فاعتقد أن المرض يرد الى اختلال في توازن القوى بين الاحساسية والحركية . وهذه القوى تتعلق بالمبدأ الحيوي . وعلى هذا الاخير أن يعيد اليها التوازن ، وهذا هو مفهوم شبيه بمفهوم الطبيعة عند أبقراط وبإحيائية ستاهل . ولم يكتف بارتز بالأفكار العمومية فقام بتحليل حق لمجمل الدلالات الملحوظة لكي يستكشف فيها المبادئ الأولية ، أو العناصر المرضية والتي تحب محاربتها . إن فن الطبيب يكمن في مهارته في فصل العناصر الأولية عن العناصر الثانوية . ويتم المعالجة ضمن هذا الترتيب ، ولكن العناصر الثانوية تزول في أغلب الأحيان ، بصورة عفوية بعد معالجة العناصر الأخرى . ورفض بارتز التحيز لاي نظام وارتضى ، وقبل كل العلاجات شرط أن تكون فعالة . وفي هذا فكر جديد . لقد صنف هذه الادوية ضمن 3 مجموعات : علاجات اضطرابية عنيفة تشكل معالجة صدمة ، علاجات مُقلدة قريبة من علاج الداء بالداء (هوميوپاتي) ثم علاجات خصوصية .

هذه الاستطباية لن تطبق إلا إذا كان المبدأ الحيوي بحاجة الى المساعدة . وأصالة عمل بارتز تكمن في أنه يحل محل الامزجة المعقدة رموزاً وإشارات بسيطة وواضحة . وإن هذه الاصالة تتخلل عن نظرات الفكر فتطبق استطباياً سليماً ومنطقياً قريباً ومباشراً بالصور الحديثة .

ومن بين تلامذته نذكر : ح . ش . م . دي غريمود J.Ch.M. de Grimaud (1750-1789) وش . ل . دوماس Ch-L.Dumas (1765-1813) اللذين ضاعفا وكثرا القوتين البارتييتين. وامتدت مدرسة مونبلية الاحيائية حتى القرن التاسع عشر ، مع ف . بيرار F.Bérard ، وبشكل خاص مع ج. لورد J. Lordat الذي اعتمد وجهة نظر أكثر ستاتية. وهناك آخرون من مونبلية عرفوا بالحيوية في

باريس ، وبصورة خاصة فيليب بينيل Phillipe Pinel (1745-1826) ، اختصاصي في الأمراض العصبية

وطور تلميذه بيشات Bichat (1771-1802) النظرية . فقال بمزدوج القوى البارتيكية وسماه احساسية وتقليصية ولكنه ميز بين الحياة الحيوانية والإنسانية والحياة النشطة العلاقية ، فقبل بمزدوج خاص من القوى لكل واحدة منها . وقد بحث ، كمشرح جيد عن أساس مادي وَطَنَ الحياة الإنشائية في النظام العصبي الودي وحياة العلاقات في « المركز العصبي » (النفراكس) وبين الاثنين توجد علاقات لم يوضحها بخصصة للتنسيق بينهما . وقد رفض بيشات ، مع النسيج المخاطي الذي قال به بوردو ، رفض فكرة الغدة ، وحل محلها مفهوم النسيج ، وفي هذا تقدم غير منكور جعل منه السلف لعلم البيئة المعاصر . وكل نسيج مزود بقوة حيوية خاصة ذات علاقة بالوظائف المتوجة عليه .

وكان بيشات من أنصار علم التشريح البتولوجي ، بعد أن كان درس فيزيولوجية الانسجة في ضوء الاحيائية ، ولاحظ الخلل الذي تتعرض له الانسجة عند المرض . ولكي يعيد توازن القوى داخل النسيج المصاب استخدم استطباب بارتز . وإذا فيشات Bichat ، مهما قيل عنه ، هو حيوي حقيقي . وقد طبق آ . ريشيران A. Richerand 1779-1840 مبادئ مماثلة على علم الاستطباب الخارجي .

والحيوية نظام فرنسي أساسي ، وكان لها بعض الانصار في المانيا وانكلترا . وميزتها الرئيسية أنها حاولت دمج وتركيب أفضل عناصر الانظمة السابقة وإنها كانت في مطلع القرن التاسع عشر ، أكبر خصم للمذهب بروسي .

علاج الداء بالداء (هوميوپاتي) - في أواخر القرن 18 وبداية القرن 19 ظهر نظام طبي جديد هو هوميوپاتي ، الذي وإن لم يكن مركزاً على الفيزيولوجيا ، إلا أنه قد ساعد ، مثل بقية الانظمة على إقامة نظاسة جديدة . وواضع هذا المبدأ هو الألماني هانيمان Hahnemann (1755-1843) الذي عثر على اكتشافه الأول حين لاحظ أن الكينا اذا اخذت بمعايير قوية . تتسبب بأزمات ارنجافية من النمط البردائي ، تشبه تلك التي أعطيت من اجل الشفاء منها . وبعد أن جرب عدة مستحضرات ، على نفسه في أغلب الاحيان ، استنتج من ذلك القاعدة الصائبة المأخوذة عن الاقدمين « وداوني بالتي كانت هي الداء » . وأضاف الى هذه القاعدة ، قاعدة التماثل ، قاعدة أخرى هي قاعدة اللاتماهي : كلما كان المستحضر مذوياً أكثر كلما كان مفعوله أكبر .

والهوميوپاتي لاقت صعوبة لكي تفرض نفسها في المانيا . حتى اضطر هانيمان Hahnemann الى المجيء في أواخر ايامه الى باريس حيث وجد ان نظرياته قد وجدت أنصاراً متحمسين نشروها في كل ارجاء العالم تقريباً . واليوم أيضاً تجد هذه النظرية متحمسين لها كما تجد معارضين اشدها ضدها .

ونذكر أيضاً « الايزوباتي » ، أو التشابه الطبي ، التي اسسها الاميركي ك . هيرن C.Hering

الذي أراد معالجة الامراض ، بمستحضرات من نفس هذه الامراض . ولكنها لم تعرف إلا نجاحاً ضئيلاً

III - تقدم الطب العملي

الطب الأبقراطي الجديد - إذا كانت الانظمة الطبية قد سيطرت حقاً على الطب في القرن الثامن عشر ، فإنها مع ذلك لا تمثل كل الطب . فقد كونت الأبقراطية الجديدة التي قام بها توماس سيد هام Thomas Sydenham ، مدرسة ، وكان الأطباء كثيراً الذين التزموا أتم الالتزام بالظواهر الحيوية دون أن تكون لديهم فكرة الالتزام بنظام . ويتناقض دورهم المهم في صنع الطب المعاصر مع عقم عمل الشراح الآخرين لأبقراط . فقد جاهدوا في استكمال أساليب الاستقصاء المتوفرة لديهم . وفي حين كان البعض ، لوقت قصير خلا ، يكتفون بالنظر إلى البول ، وإن بعض الأطباء قد استمر يفحص بالمراسلة ، سعى الأبقراطيون الجدد إلى الاتصال المباشر بالمريض . ونشأ عن هذا الاتجاه الجديد في الطب علم السيمولوجيا الحديث والتعليم العيادي

علم دلالات الاعراض (السيمولوجيا) - عرفت السيمولوجيا تجديداً حقاً في القرن 18 . رغم أنها لم تكن ممثلة فيه إلا بعنصرين : دراسة النبض ، وتفحص الصدر . ولكن في الحالة الاولى يبدو أن الأطباء قد قالوا كل ما يمكن أن يقال في عصرهم . وتكاثرت الدراسات غير الجدية ، متبعين في هذا مثل الصينيين . فقد استعملت الساعة الرملية والساعة الرقاصة المائية من أجل عد النبضات ، قبل أن يخترع غاليليه « الأنباض » وقبل أن يخترع ستوريو Santorio أيضاً « نباضه » . وفي الحقبة التي نتم بها ، كان الاسباني ف . سولانو Fr.Solano من لوكس (1685-1736) هو أول من جذب الانتباه في الغرب إلى أهمية النبض ، وخصص له دراسات علمية . وقد وضع ثلاثة أنماط من النبض : النبض المزدوج ، والنبض العارض Inciduous والنبض المتقطع . وقام آخرون يستكملون هذه الدراسة . وأراد بوردو أن يكون لكل عضو مريض نبضه الخاص ، وهذا ما كان يشكل وسيلة ممتازة للتشخيص . وقسم الانباض إلى عالية منخفضة ، بحسب موقعها فوق الغشاء الحاجز أو تحته ، وهي مناطق حددت في كل منها سلسلة من الانباض الثانوية العضوية أو الوضعية . وقد تميز هذا التصرف المبالغ به بأنه لفت الانتباه ، في فرنسا إلى الدراسة المنهجية لحركات النبض في الامراض . وقد اعتاد بوردو Bordeu ، في الاساس أن يأخذ النبض في نهاية الكعبرة (الكوع) بأربع أصابع . وخصص تلميذه فوكيه Fouquet ايضاً لاعماله ، مراقبات دامغة جداً ، وخطرت له الفكرة بأن يرسم خطياً الاحساسات المدركة مشبهاً إياها بحبات اللؤلؤ المتعددة والمتقاربة نوعاً ما .

واعتبر اكتشاف التلمس بالأصابع أو النقر من قبل النمساوي ليوبولد اوينبروجر (1722-1809) Leopold Auenbrugger ، ذا أهمية من الدرجة الاولى ، رغم ان هذا الاسلوب لم ينتشر حقاً إلا في بداية القرن التاسع عشر ، بفضل جان نيكولا كورفيسار Jean Nicolas Corvisart (1755-1821) .

وهذا الأسلوب كان المعلم الضروري الذي سوف يمكن «لأنك» من القيام بخطوة جديدة الى الامام في الفحص الرثوي .

التعليم العيادي - لم يظهر التعليم العيادي إلا في تلك الحقبة مكرماً أخيراً إحدى نصائح الطب الأبقراطي . صحيح أن سلفيوس Sylvius قد افتتحه في القرن السابع عشر في ليد Leyde ، وإن بعض الأطباء الهولنديين والايطاليين قد طبقوه ، إلا أن أحداً منهم لم يجعل منه مدرسة ، وكانت امثلتهم بدون غد . وكان أول عيادي قد حفز حقاً هذا التعليم الجديد هو بورهاف Boerhaave الذي زاد قليلاً في شهرة مدرسة ليد Leyde حيث حرص كل على المجيء لكي يستلهم مناهج المعلم . وقد كون العديد من التلامذة الذين ساروا بعمله في ليد ، أو اذاعوه في فينا ، بفضل الهولنديين ج . فآن سويتن G.Van Swieten وآ . دي هان A.De Haen ، ويفضل الألماني م . ستول M.Stoll . وكانت هبة في أغلب البلدان الأوروبية ، باستثناء فرنسا التي ظلت متأخرة الى أن استطاع انشاء مدارس الصحة الثلاث « في السنة الثالثة » قهر تعنت الاداريين في المستشفيات . ومن بين المدن العديدة التي اشتهرت يومئذ نذكر غوتنجن Gottingen ، وارلنجن Erlangen ، وبافي Pavia وقد احتوت مجموعة متألقة من الأسماء الشهيرة من أمثال الألماني ج.ب. فرانك J.P.Frank ، والسويسري س.أ. تيسو S.A.Tissot .

وبعد ذلك لم يعد الطب كتبياً . وسرعان ما آتت الطرق الجديدة ثمارها مثل علم تصنيف الامراض سنداً للظواهر ، ومن غير أية فكرة تنظيمية أو مذهبية . وهذا التصور للباثولوجيا « علم الامراض » سوف يستمر طويلاً بعد القرن الـ 18 ، حتى تم الحصول على معارف أكثر دقة عن مختلف العوامل المرضية .

وكان أول مصنف هو بواصي دي سوفاج Boissier de Sauvages الذي قسم الامراض الى عشر مراتب ، و44 ملكاً و315 نوعاً ، دون ذكر التفريعات ، ويستحق اسم ليني Linné وبينل Pinel وريشران Richerand الذكر أيضاً .

الباثولوجيا وعلم الاوبئة - من بين الامراض العديدة التي درست نذكر الالتهاب الغرغريني (خاصة في الكلترا) وداء النقطة ، والتهاب الصدر ، والمغص من أي نوع ، وفقر الدم ، وانتفاخ الغدة ، والامراض الزهرية ، وأمراض النساء والحصاف (برص ايطالي) وغيرها الكثير من أمراض الجلد ، واقترن كل منها باسماء عدة مؤلفين ويحق . وأعطى اهتمام أكبر بالامراض المستعصية . وإذا كانت المعارف حول الحميات قد بقيت جامدة ، فإن المعالجة بالكينا قد تحسنت .

يضاف الى هذا الجدول المختصر جداً علم الاوبئة الذي احتل مركزاً مهماً في هذه الدراسات . وظل الطاعون يحصد حصداً رهيباً ، خاصة في مرسيليا سنة 1720 دون إمكانية اكتشاف سببه رغم الملاحظات المقنعة لأنطوان ديديه Antoine Deidier . ودرست الملاريا وحورت بفعالية في ايطاليا من قبل ج . م . لانسيزي G.M.Lancisi (1720-1654) . أما الدفتيريا التي كانت تحصد النام في

انكلترا وفي كل مكان من أوروبا، والتيفوس والتيفوئيد والكَلْب والكريب المشهور بالانفلونزا، والسعال الديكي وقد درست كلها أيضاً. وهناك وباء جديد تعددت ضحياءه هو الهواء الاصفر الذي ظهر في اسبانيا أولاً ثم خارجها تالياً. ولكن الجدري هو الذي خضع لدراسات عدة، أعطت نتائج مشهودة.

اللقاح والفاكسين أو التلقيح بجدري البقر - عرف القرن الـ 18 مرحلتين متتاليتين اشتهرتا بحاربة مرض الجدري الذي كان يحصد الناس حصداً في كل مكان من العالم تقريباً، وقد اكتشف الصينيون وسيلة للوقاية منه وذلك بذر قشرة مأخوذة عن المجدر في الأنف. وقد اخذت بلدان أخرى اسيوية بوسائل مماثلة. ولكن هذه الطرق نفذت بصورة جيدة في كل من تركيا واليونان وبوخز الجلد في ثلاثة مواضع مختلفة بآبرة، ويوضع عند هذا المستوى قليل من القيح الجدري. ونشرت الليدي مونتاجو Lady Montagu، زوجة السفير الانكليزي لدى السلطان، الاسلوب في بريطانيا، مع الدعوة الى ذلك ووافقت على تلقيح ولدها منذ سنة 1717، وانتشرت الطريقة يومئذ بسرعة في انكلترا تحت اسم التلقيح. ورغم وجود نسبة مئوية من الوفيات، فقد ازداد عدد الاشخاص الملقحين والمحميين بفعالية ضد المرض. وفرض التلقيح نفسه، رغم المهاجرين الالداء الذين كان بعضهم عظمياً⁽¹⁾. وتبعته المانيا النمل، وكذلك سويسرا وهولندا والسويد، الخ. وكانت فرنسا البلد الاكثر تصلباً، وانتظر التلقيح لفترة طويلة قبل أن يفرض نفسه. وكان الملقح الاكثر شهرة، والذي ساهم بفعالية في التعريف بالاسلوب، السويسري تيودور ترونشن Théodore Tronchin (1709-1781) الذي انضم اليه الانكليز د. سوتون D.Sutton وت. ديمسداي Th.Dimsdale لما اشتهرا به من حماس ومن نشاط.

وفي الوقت الذي اشتهر فيه التلقيح، ظهر التطعيم «الجثري» الذي حل محل الاول لانعدام خطره. وبدا مجد الطبيب الانكليزي ادوار جنير Edward Jenner (1749-1823) غير مشوب ويستحق بحق التشبيه بمجد هارفي Harvey. فبعد أن لاحظ جنير أن الاشخاص المصابين باللقاح المأخوذ عن ملامسة البقر، لم يعودوا ينجشون الجدري، انصرف الى بحوث صبورة حملته الى اكتشافه الفخيم بعد عشرين سنة من الجهود. وفي 14 أيار سنة 1796، لقح من قيح دمل لقاحي، كائناً بشرياً. وكان النجاح تاماً، الى درجة أن العالم بأكمله اعتمد بسرعة التلقيح الذي اصبح يحمل اسم المرض الذي يفصله سوف تخلق المناعة الاكيدة الشاملة.

بدايات الطبابة الكهربائية - هناك عنصر جديد سوف يجد مباشرة تطبيقات في الطب والكهرباء. فمنذ صنع أول الآلات الكهربائية في القرن السابع عشر، جرى التفكير في استخدام الكهرباء في الطبابة، تقريباً لكل الامراض، إنما بصورة خاصة في الامراض التي تصيب الجهاز

(1) إن المناقشات الرياضية التي أثارها هذا الموضوع وردت في الفصل 1 من الكتاب 1 من هذا القسم.

العصبي . وفي هذا الطريق اتبع الفيزيائيون الاطباء وتجاوزوهم في بعض الاحيان ، واشهر هؤلاء الفيزيائيين كان الاباتى نوليه Nollet .

وكان أول علاج طبي سنة 1740 على يد السويسري جان جلابرت Jean Jal- (1768-1712) labert الذي شفى به مشلولاً . إلا أن استخدام الكهرباء في التطبيب كان نادراً في السنوات اللاحقة . وكانت الاطروحات الأولى حول هذا الموضوع التي نوقشت في مونبليه في سنة 1749 و1750 ، بتأثير من بواسيه دي سوفاج Boissier de Sauvages ، قد درست معالجة القالج بالكهرباء أو بالمشابهات بين السائل العصبي والكهرباء . واجريت بحوث عدة في العديد من البلدان ومنها المانيا وانكلترا ، ولكن علم الكهرباء الطبي ، درس في فرنسا بشكل خاص ، وبعناية كافية لتحصيل تقدم ملحوظ . واستكملت الوسائل التي كانت بالتأكيد بدائية . وبدلاً من الشحنات الخطرة المنبثقة عن زجاجة ليد Leyde ، وضعت الشرارات الكهربائية ، وأخيراً الحمامات الستاتية ، ومنيت غالبية هذه الوسائل بالفضل ، إلا أن بعضها أدى الى الشفاء . وأراد الاب برنولون Bertholon ان يضع نظاماً مرتكزاً على الكهرباء الحيوانية : فصنف الامراض الى امراض كهربائية وغير كهربائية وحاول ان يطبق عليها معالجة كهربائية . وكان للكهربة (الكلفة) معتنقوها ولكن بشكل متاخر . وقد وضع فولتا Volta أول بطارية ، وكان أيضاً الأول في استعمال التيار المكلفن أي المكهرب في الطب .

الحركة المسميرية - واستمر استخدام المغناطيسية لتهلته بعض الاوجاع حتى القرن الثامن عشر ، بعد أن كان قد بدأ في مطلع القرن السابع عشر ، وخاصة في أوجاع الاسنان ، ولكن المغناطيسية ، اصبحت بين يدي الالماني ف . مسمير Fr.Mesmer (1815-1734) ، نظاماً جديداً عرف نجاحاً مدهشاً في حوالي أواخر القرن تحت اسم المسميرية . ترك مسمير المغناطيس ، ومغظ مرضاه بواسطة الايدي ، ثم حسن طريقته ، فنظم جلسات مغناطيسية جماعية حول جفنة مملوءة بالماء المؤكسد الذي تخرج منه قضبان معدنية ، كان المرضى الجالسون حوله يسكونها بأيديهم . واستكمل المشهد ، بالعباب ضوئية ، وبحركات ذكية وبالموسيقى . وكان الامر يتعلق بظواهر تنويمية ، لم يكن لها في الواقع اي شيء مشترك مع المغناطيسية بالمعنى الفيزيائي للكلمة . وعرفت المسميرية انتشاراً مدوياً ، وخاصة في باريس . ، وقام تلامذة مثل م . ن . اسلون Ch.N.d'Esilon بصنع جفنة لهم . بل أن مسمير استغل مصداقية جمهوره ، فمغظ أشجاراً يمكن للأشخاص الفقراء أن يعالجوا تحتها . وأخيراً قامت كلية باريس ضد هذه الممارسات التي حكمت ضدها لجنة رسمية من كلية الطب ومن الاكاديمية الملكية للعلوم سنة 1784 . وانهارت الشهرة بسرعة واضطر مسمير الى الهرب خارج فرنسا ، فنتج بسرعة .

البتولوجيا الاجنبية - واستمرت البتولوجيا الاجنبية تنمو ، خاصة وإن الاسفار الطويلة المدى ، والتي لم تكن تخلو من مخاطر ، اصبحت شائعة . ولكن الدراسات اهتمت الشرق لصالح أميركا ، وبصورة خاصة لصالح جزر الانتيل . فقد كانت هذه المناطق ، فعلاً مسرح عمليات عسكرية ، وعرفت فضلاً عن ذلك أوبئة رهيبه من الحمى الصفراء ، وخاصة في سان دومانغ Saint-

Domingue حيث أن الوباء حصد الناس فتوقفت الحرب لعدم وجود محاربين . أما أفريقيا فلم تلاق الا الاهتمام القليل عبر مصر وعبر بلاد البربر التي كانت بين 1732 و 1734 مجال بعثة علمية وطبية ، الاولى من حيث التاريخ ، بتشجيع من ملك بولونيا أوغست الثاني الذي مولها . ونظم ملك الدانمرك فريدريك الرابع بعثة الى الشرق الأوسط ، وهي المنطقة التي تجتمعت فيها الدراسات الرئيسية التي جرت في آسيا . ويمكن أن نذكر أيضاً الأراضي الروسية على حدود العالم الآسيوي وجزيرة مينوركا التي كانت ميداناً لحملات عسكرية متنوعة ، وبجالات عدة دراسات .

وكانت البلدان التي قدمت مساهمة في صنع الباثولوجيا الاجنبية في ذلك الزمن مختلفة عن البلدان التي كانت في القرن السابق . وكانت انكلترا وفرنسا في الطليعة . وتناولت الدراسات الرئيسية الحمى الصفراء التي ظهرت في افريقيا واسبانيا وجزر الانتيل وفي أمريكا . ولكن لناسف لم يبرز اي عنصر مهم يمكنه عاربة هذا المرض . ودرس أيضاً التيفوس الطفحي (داء جلدي) والجذام ، والديزنتيريا والحُميات على اختلاف أنواعها ، وكذلك « البيان » [داء جلدي] والليشمانياوز ، والخطيات . وحفرت الرحلات البحرية الطويلة عدة مؤلفين على معالجة أمراض رجال البحر وبصورة خاصة فقر الدم . وأدخل ج . لند J.Lind . عصير الحامض في المعالجة المنهجية وفي الوقاية من هذا المرض . وتقدم أيضاً علم المناخ بعض الشيء .

الطب النفساني العصبي - كان من سمات النطاسة في القرن الـ 18 بروز ذاتية النيرويسيكياتري أو معالجة الامراض العصبية النفسانية . فحتى ذلك الحين كان المعتوهون يعتبرون ممسوسين أو أناساً أشراراً وكانت تساء معاملتهم ويحبسون في أكواخ مظلمة غير صحية ، وبعد ذلك اعتبروا كمرضى . وإنه من جلائل أعمال فيليب بينيل Philippe Pinel الفقيحة انه اسقط سنة 1793 السلاسل والقيود عن هؤلاء البؤساء ، وعمل على معاملتهم بشكل انساني . ودرس بينيل Pinel أيضاً الامراض العقلية فصنفها ضمن أربع مجموعات . الوسواس الكآبة العته ثم البلاهة . في حين أنه حتى ذلك الحين لم يقم احد بالاحاطة بمجمل هذا المجال الواسع الذي لم يكتشف تقريباً . وتصدى بينيل أيضاً للعصاب بعد كولن ، ويواسيه دي سوفاج Boissier de Sauvages الذي سبق أن تكلم عن أمراض النفس ، وستاهل . ونذكر أيضاً الايطالي ف . شاروجي V. Chiarugi الذي نظم المآوي في بلده وعالج المرضى طبياً . وعرفت الفيزيونيما أو علم السحنة نجاحاً قوياً في عصر النهضة . وفي القرن الـ 17 تكلم ماران كورودي لا شامبر Marin Cureau de la Chambre (1596-1669) ، بدوره عن فن معرفة الناس . وأخيراً تبع أثره في القرن الـ 18 السويسري ج . س . لافاتر J.C. Lavater (1741-1801) إنما وقف عند الاشارات البادية على الوجه . ووجه الألماني ف . ج . غال Fr. J. Gal (1758-1828) دراساته ناحية الحدييات في الجمجمة ، فأوجد علماً جديداً هو علم الفرونولوجيا [شكل الجمجمة] الذي عرف نجاحاً كبيراً .

علم الصحة - بدأت الدراسات الصحية تظهر وتتميز . وأصبح بالإمكان بعد الآن الكلام عن صحة الجيوش ، والصحة في المستشفيات والملاجيء ، وعن الصحة في السجون وعن صحة المقابر .

ولكن بوجه أعم تم درس الصحة المهنية ، والصحة المدرسية ، وصحة الاطفال ، والصحة الزوجية ، بل وصحة الدول . وعلى نفس الخط بدأت المدن الكبرى تعرف بعض الرفاه : حمامات عامة في انكلترا ، والمراحيض في باريس . الخ ونذكر نشر الكتب العامة لكل من فرانك وتيسو Frank Tissot .

وفي مجال الصحة المهنية ترك الايطالي برناردينو رامازيني Bernardino Ramaz (1714-1633) zini أثراً علمياً عظيماً في كل المجالات (موريس اوتفيكون ، مودين ، 1700) حيث درس كل أمراض الحرفيين في زمنه . وفيما خص الصحة في الجيوش ، نذكر الانكليزي ج . برنغل J.Pringle وفيما خص المستشفيات نذكر مواطنه جون هوارد John Howard الذي اجتاز أوروبا لكي يتزود بالمعلومات ، ونجح فيما بعد بفرض وجهة نظره . واهتم الفرنسي تورت Thouret بصحة المقابر ، وقام مؤلفون كثيرون ، بعده . هاغينوت H.Haguenot ضد مخاطر الدفن في الكنائس .

وفيما خص التدابير الجماعية ضد الاوبئة ، يتوجب ذكر لنسيزي Lancisi الذي جفف مستنقعات بونتين Pontins ، وفي فرنسا اتخذت قوانين صارمة جداً وفرضت في زمن الطاعون تحت اشراف وإدارة مكاتب الصحة . وظل الحجر الصحي إحدى الوسائل الأكثر فعالية . ونذكر ، للتذكير التشريع المضاد للسبل الذي طبقته في ذلك الزمن جمهورية البندقية .

الطب الشرعي - لا يفسح الطب الشرعي المجال أمام الشروح كثيراً، لأن ذكرى ب . زخيا P.Zacchia ، في كل الاذهان ، تمثل الجهود الجديدة التي بدت ويحق غير مجدية . ولكن الاهتمام انصب في فرنسا على الولادات المتأخرة ، وهذا ما تسبب بأدب غزير . في حين تدخل الجراح انطوان لويس Antoine Louis (1792-1723) في عدة دعاوى ، عكف مختلف المؤلفين على المسائل التي يطرحها الاختناق . وفي خارج فرنسا قلما كان الاطباء الشرعيون نشيطين الا في المانيا . وإيجاد كراسي للطب الشرعي في المدارس الثلاث للصحة في الجمهورية الفرنسية ، دل على بداية عهد جديد بالنسبة الى هذا العلم .

IV - الجراحة

الجراحة العامة - وبدأ عهد جديد بالنسبة الى الجراحة التي خرجت أخيراً من سباتها الطويل ، واتخذت تسير في مسار صاعد من أكثر المسارات بهاءً وبرزت هذه الحركة بضخامة أكبر في فرنسا وخاصة في باريس حيث كان الاطباء قد احتلوا مرتبة متدنية جداً بفعل الاساتذة في الكلية . وكانت هذه الثورة قبل كل شيء من صنع ثلاثة رجال احتلوا تبعاً مركز الجراح الأول عند الملك ، فعرفوا كيف يدافعون عن زملائهم ويحصلون من أجلهم على كل الحماية المطلوبة : جورج مارشال (1736-1658) Georges Mareschal ، فرنسوا لايبروني Francois de Lapeyronie (1747-1678) ، وج . بيشو دي لامارتينيير G.Pichaut de Lamartinière (1783-1696) . وارتكز هذا التصحيح على اعادة

تنظيم كلية الجراحة في باريس سنة 1724 ثم بحث وتوسيع امتيازاتها القديمة ، في سنة 1743 . ومنذ ذلك أصبح للجراحين مدينتهم (سانتكم) حيث كانوا يعلمون ففهم دون أن يستطيع الأطباء أن يمارسوا عليهم شيئاً من الرقابة غير حضور بعض الامتحانات . فضلاً عن ذلك ، رفع الالتزام القاضي بوجوب الحصول على المعلمية في الفنون من اجل إمكانية القيام بالدراسات الجراحية ، هذه الدراسات الى نفس مستوى الطب . وأصبح للجراحين الجدد حقهم الذي كان مقدراً جداً في ذلك الزمن وهوليس الثوب الطويل . وعلى نسق باريس أصبح لمونبيلييه Montpellier كليتها سنة 1741 ، وتبعها في ذلك مدن أخرى . وعلمت فيها الجراحة العامة تحت اسم « المبادئ » والتشريح وعلم العظام وأمراضها والعمليات ، ثم بعد ذلك بقليل علم القبالة ثم طب العيون . وفتحت في باريس ومونبيلييه مدرسة تطبيقية حيث كان التلامذة المتفوقون يتألقون مع العمليات على الجثث التي كان يصعب الحصول عليها . وكانت الامتحانات شبيهة تماماً بامتحانات كليات الطب ، وكانت تتوج فيها بعد بأطروحة . وعلى كل حال لم يكن التكوين الجراحي موحداً ، وخارج المدن المزودة بوجود كلية ، لم تكن المدن الاخرى مزودة الا بمعلمين جراحين من مرتبة ادنى ، لم يمروا إلا بامتحان ابتدائي بسيط . واستمرت المستشفيات في المدن الكبرى في تخريج بعض الشبان الجراحين الداخليين الذين كانوا بعد 6 سنوات تعطى لهم شهادة المعلمية بعد امتحان واحد . وكان هذا الاسلوب في تخريج الاطباء الجراحين مرغوباً به بسبب الممارسة العملية فيه . وكان هذا التعليم الجانبي الهامشي قد بقي مستمراً بخلاف الثورة الفرنسية ، وانتشر بسرعة في كل مجالات الطب . ويعتبر الشبان الجراحون الذين نالوا رتبة المعلمية في القرن الثامن عشر هم الاسلاف المباشرين الداخليين في مستشفيات فرنسا . وعرف صعود الوسط الجراحي ذروته سنة 1731 بتأسيس الاكاديمية الملكية للجراحة ، ويعود الفضل فيها الى مارشال Mareschal ولابيروني Lapeyronie وهذه الاكاديمية سبقت بكثير أكاديمية الطب . وفرضت الجمعية الجديدة نفسها سريعاً بفضل العناية في جلساتها ونوعية أعمالها . وكان مديرها الأول ج. ل. بيتي J.L. Petit وسكرتيرها الدائم كان انطوان لويس Antoine Louis . وكان هذان الشخصان هما المحور العامل لهذه المؤسسة المهمة .

وفي الداغارك ، حيث كان الجراحون عرضة لنفس التنكيل من قبل اطباء ، وكان رسول اليقظة الجراحية هو سيمون كروجر Semon Cruger . وكان الصراع مريعاً ، يتخلله الخذلان ، ولكن كلية كوبنهاغ اضطرت الى الاستسلام عند انشاء اكاديمية للجراحة حيث اشتهر هنريك كاليسن Heinrich Callisen . وحصل تطور مماثل في بريطانيا . فظهرت كليات جراحة في لندن وأدنبره ودوبلن Edimbourg et Dublin ، كما ظهرت اسماء عظيمة في مجال الجراحة البريطانية يومئذ . وأسس الاخوان جون ووليم هنتر John et William Hunter متحفاً ونظموا تعليم الجراحة .

وفي المانيا وبخاصة في بروميا تقدمت الجراحة العسكرية تقدماً حقيقياً . وانشئت كلية طبية جراحية مزودة بكرسيين في برلين . ولكن الجراحة ظلت مسترة في البلدان الجرمانية الاخرى . وكان الامر كذلك للاسف في ايطاليا وهولندا رغم أن هذين البلدين لم يعرفا التفريق بين المهن الطبية

والجراحية . أما النمسا فقد بعثت نهضة خجولة حين انشأت مدرسة للجراحة الطبية في فينا . وظلت البلدان الشمالية واسبانيا في الظل . وفي القرن الثامن عشر توجه نشاط الجراحين نحو مجالات عديدة في الجراحة الكبرى والجراحة الصغرى . فدرست الجروح السطحية والخراجات والالتهابات السطحية والفتيحات المتنوعة والاكالات وجروح الرأس وجروح العيارات النارية . وفي عمليات البتر اعتمد أسلوبان : الاسلوب الدائري ذو الكم أو الدائري ذو الشق أو الشقين ، وتحددت التجاوزات بقضل توضيح افضل للتأثير العملي . وكذلك حصلت الجراحة من أجل تفكيك كل الاطراف باستثناء الورك ، وكان الوضوح أكبر أيضاً في تأثيرات المثقب . فاستوصلت الخراجات ، بما فيها سرطان الثدي . وربط تنفخ الشرايين فوق الجيب ، وتمت الجراحة على ملاسمة المعدة وحتى المريء . وقامت دراسات عدة حول الفتوق : فتم سد ثقب الفتق عن طريق الجراحة مع الأيضاء بلبس الشد فيما بعد . ويتم الاختصاص في الفتق الفخذي وغيره من الفتوق .

واستوصل النامور المخرجي ، وكذلك التقرح الدملي رغم أن التقنيين لم يتفهموا على الاسلوب الذي يجب اتباعه . أما الكسور والخلوع فلم تنل الاستكمالات تفصيلية من حيث تخفيفها وضبطها ، بالمقابل عُرِفَ جيداً وبدقة تفاعلية التكلس انطلاقاً من غشاء العظم ، وهو أمر قد قضى على اخطاء مضت عليها قرون . وكانت الجراحة في العמוד الفقري مطروحة ، وكذلك التجبير الذي ولد مع ن أندري N. Andry وآ. ج. فينيل A.J. Veinel .

واقترنت أسماء العديد من الأطباء بهذه العمليات المتنوعة . نذكر بالنسبة الى فرنسا : ب. ج. ديسوت P.J. Desault وكان تأثيره عظيماً على الاجيال الشابة ، خاصة بعد التعليم العيادي الذي قام به في اونيل ديوي في باريس ، وآ. لويس A. Louis وج. ل. بي J.L. Petit ، أما في بريطانيا فكان آ. مونرو الابن A. Monro ، وج. دوغلاس J. Douglas ، الذي كان أيضاً عالماً بالتشريح ، وبيرسيفال بوط Percival Pott ، ووليم شيسلدن William Cheselden وكذلك جون وليم هنتر John et William Hunter ، وبالنسبة الى إيطاليا : كان هناك : آ. سكاربا A. Scarpa ، وكان أيضاً عالماً ممتازاً في التشريح ، وفي ألمانيا كان ل. هيسر وآ. ج. ريجنر L. Heister et A.G. Richter والعديد من الجراحين العسكريين الممتازين .

ونذكر بسرعة بعض النجاحات . فقد تعلم ف. شوبارت Fr. Chopart كيف يخلع الرجل ، في حين كان بي Petit يفرق بين ضغوطات الصدمات في الرضوض الجمجمة ، ويصف وصفاً ممتازاً التهاب المرارة . وابتكر جون هنتر John Hunter ربط الشريان الفخذي ووصف القناة التي تحمل اسمه . وقام آ. سكاربا A. Scarpa و جيمبرات A. de Gimbernat باكتشافات مهمة تشريحية بمناسبة أعمالها الجراحية . ولم يتردد ف. لابيرون Fr. Lapeyronie في بتر عقدة معوية في حالة فتق غنوق ، وأعاد بعدها المرور العادي . ووصف ب. بوط P. Pott وج. ب. دافيد J.P. David ، بأن معاً تقريباً « مرض بوط » في حين درس ه. ل. دوهامل دو مونسو H.L. Duhamel du Monceau وب. فيغاروس B. Vigarous تفاعلية التوالد العظمي كما درس ت. غولار Th. Goulard الأمراض الاحليلية والزهرية .

التخصصات - كانت هناك عمليات اعتبرت حتى ذلك من اختصاص الجراحين الجوالين أو « الاختصاصيين » ثم ألحقت بصورة تدريجية بالجراحين الحقيقيين . وأهم هذه العمليات كان استخراج الخصى ، والشق الجانبي . وهذه الطريقة التي استكملت بفضل الأسلوب الخفي الذي وضعه جان باميلهاك (الاخ كوم 1703-1781) فضلت على الأسلوب الجديد ، أسلوب البضع الجانبي الذي كان يتطلب مهارة فائقة . وعادت انكلترا الى تفضيل أسلوب الشق القديم بين السرة والعانة ، أسلوب فرانكو Franco ، أو العملية العليا التي لم تفرض نفسها إلا في القرن 19 .

وعرف طب العيون نهضة كبرى يومئذ ونجح أيضاً في الحصول على كراس في كليات الجراحة . ومن بين العمليتين الرئيسيتين ، التقرح الدمعي والسيلان . وعرفت الأخيرة ثورة تقنية حقة . في حين أنه منذ العصور القديمة كان يكفي بتخفيض بلورة العين (كريستالين) ، اخترع الفرنسي ج . دافيل J.Daviel (1696-1762) أسلوب الاستخراج الذي قلما أصابه تغيير بعد ذلك .

وقد جرى الاهتمام أيضاً بعمليات تدخل اليوم في مجال اختصاص الاذن والانف والحنجرة ، مثل أورام الانف ، وترسبات التجويف الفكي ، وأمراض الفم والشفة المشقوقة . أما ترقيع الانف الذي نسب الى تغاليا كوزي Tagliacozzi فقد نسي تماماً .

وعلاج الاسنان فرض نفسه بدوره وخلص من المشعوذين في البونيف وغيره . وبعد ذلك سوف يهتم اطباء والجراحون بقتن الاسنان وسوف يذيعون نتائج بحوثهم في هذا المجال الذي كانت الكتب فيه نادرة جداً . وجرى تحسين الآلات وابتكرت آلات جديدة . وبذات الوقت ظهرت أولى النصائح فيما يتعلق بصحة الاسنان . فعولج التسوس ، واستعملت الاسنان المستعارة الحيوانية والاصطناعية وظهرت أولى التركيبات وتميزت هذه الثورة الحقة بأن هذا التقدم هو أيضاً من صنع الجراحين كما هو من صنع اطباء ، وهذا ما ساعد على التقارب المرجو بين المهنتين الخصمتين . وأخيراً كرست الثورة الفرنسية هذا الاتحاد بإقامتها ثلاث مدارس للصحة انشئت في 14 فبراير السنة الثالثة ، في باريس وستراسبورغ ومونبلييه .

فن التوليد - كان هذا الفرع من الطب قد حصل على استقلاله منذ مئة سنة . وأصبح مركز القابلات ثانوياً ، كما رأى الجراحون أنفسهم منافسين ، أكثر فأكثر من قبل الاطباء في ممارسة هذه المهنة التي تخصص بها البعض . وحصل تقدم في المجال التشريحي النسائي ، ومن بين التجديدات الكثيرة ، درس الرحم في حالة الحمل .

وتم درس معالجة الحوض بفضل الفرنسيين ا . ليفري A. Levret و ج . ب . بوديلوك J.B. Baudelocque (1745-1810) ووضعت توضيحات حول حركات الجنين عبر الممر الحوضي ، وحول مختلف الوضعيات التي يمكن أن يأخذها بحسب التمثيلات وقدمت من قبل بوديلوك J.B. Baudelocque ، وخاصة من قبل معلمه ف . ل . ج . سولاري F.L.J. Solayrès من رنهك . وأشار الانكليزي و . سمي W.Smellic بالتحويل أو القلب الأخدودي في حالات الالتحام السابق .

واكتشف ج . ر سيفولت J.R.Sigault السمفيزوتومي (الالتصاق) الذي عرف حالياً مؤيدين عديدين . في حين فضل آخرون عليه العملية القيصرية التي أعيد إليها مجدها وعرفت نسبة من النجاحات كافية .

لم يعد الملفظ آلة سرية : لقد شاع استعماله وكلّ يحاول استكماله . وفي هذا إحدى الاشارات الأكثر تميزاً للفكر الجديد . وعلى نفس المستوى انشئت دور التوليد الأولى ؛ بعضها كان بيوتاً بنيت بصورة خاصة لهذه الغاية ، وبعضها الآخر انشئ كأجنحة ملحقة في بعض المآوي . وأخيراً ظهرت الصحف المتعلقة بالولادة في آخر القرن . وعلى كل كانت فرنسا هي التي تحتل المقام الأول بالعناية بشؤون الولادة والتوليد تتبعها عن قرب انكلترا والمانيا .

V - الصيدلانية

لم يعرف علم الصيدلة ثورة كثورة القرن الماضي ، اذ لم تكتشف أدوية جديدة ذات مفعول عملي يمثل هذه الضخامة . بالمقابل جرى تحديد مؤشرات جديدة استطبابية لمستحضرات سبقت معرفتها وتفتحص الألماني آ.فون ستورك A. Von Storck خصائص الشوكران Ciguë والداتور Dature والأفونطين Aconit والسورنجان (الكولشيك Colchique) ، الخ . في حين استعمل الانكليزي وليم ويذرنگ William Withering (1799-1741) القمعية (Digitale) في الاستسقاء (Hydropsie) ، كما أوضح الايطالي ف. تورتي F. Torti معايير استعمال الكينا .

وكانت المستحضرات النباتية تحتل مركزاً قوياً في الإجزائية [تركيب الادوية] في حين تم التخلي بصورة شبه كاملة عن المستحضرات الحيوانية ، باستثناء مستحضر واحد رأى النور يومئذ ونجاحه لم يتزعزع منذ ذلك الحين ، إنه زيت كبد المورة (Morue) . ولكن المستحضرات شبه المعدنية كانت أكثر نجاحاً . لقد حضر الانكليزي توماس فاولر Thomas Fowler الزرنيخ السائل واطلق اسمه على هذا الشراب . وأشاع ت . غولار Th.Goulard استعمال مختلف المستحضرات من أساس الأمينات الدنيا من الرصاص ومنها الماء الابيض . وعرف برتولي Berthollet بكلورات البوتاس وادخل الانكليزي ت هنري Th.Henry المنغيز في الطب . أما الزئبق ، الذي ما يزال يستعمل في السفسل ، وهو اي السفسل غير مفرق تماماً عن السيلان الابيض ، فقد استعمل بعيارات أقل ، والعديد من المؤلفين يناهضون البحث عن استدرار اللعاب .

فضلاً عن مستحضرات التطيب التجانسي ، والمغنطيسية ، والكهرباء ، نذكر شيوع استعمال الاستطباب المتجمعي Balneo Therapie بالمياه الحارة أو الباردة والحموية Thermalisme ، كما نذكر نشأة علم التداوي بالمياه ، وهو علم جديد يدخل بآن واحد في الكيمياء وفي الطب . في حين أشاع بوردهو Borden ، استعمال مياه باريج Barèges وصنع ج . ف. فينيل G.F.Venel مياه سلتز Seltz

الاصطناعية ، أخذ بيع المياه المعدنية يزاحم التداوي بالمياه الحارة Thermalisme

VI - الحركة الطبية

لم يعد من الضروري تأريخ الحركة الطبية . فقد تكاثرت الاكاديميات في مختلف بلدان أوروبا وحتى في الأرياف . وحده الطب الفرنسي ظل مستعصياً متخلفاً بسبب موقف كلية الطب في باريس ، هذا على الرغم من ان انشاء الجمعية الملكية للطب قد تم سنة 1776 بدونها ودغماً عنها ، وبفضل ج . م . ف . دي لاسون J.M.Fr.de Lassone (1788-1717) الذي انشأها ، وبفضل ف . فيك دازير F.Vicq d'Azyr الذي كان حافزها الرئيسي . وأطاحت الثورة الفرنسية أخيراً بهذه الرواسب . واتسع نطاق الصحافة الطبية وتضخم حتى ان احصاء مختلف الدوريات اصبح صعباً في حين اخذت تظهر أوائل الصحف المتخصصة .

ورأى التعليم الطبي تكاثرت الكليات ، دون أن يتساق عدددها مع قيمتها . واحتفظت المدارس القديمة بكل مجدها ، وإذا كانت الجامعات اللاتينية قد رأت عدد التلامذة الجرمان يتدنّى لصالح الكليات الألمانية ، التي كان بعضها ممتازاً ، إلا أن « العالم الجديد » ملا الفراغ ، وبصورة خاصة أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية .

في هذه الاثناء استمرت بعض المدارس في استقبال الطلاب من جميع انحاء العالم . تلك هي المدارس التي تقدم تعليماً عقائدياً . وهكذا كان من الشائع انتجاع ليد ، وهال ، وكوتنجن ، ومونبليه أو المدارس العيادية في فينا ، وليد ، وادنبره ، وباقي النخ . واحتفظت مدارس أخرى بشهرة كبرى : باريس ، ليزيز ، وبادو ، وبيزا ، وبولونية ، وبال وأبسال . ورات أوروبا الشرقية ولادة جامعة موسكو وويلنا . وإذن فقد كان العالم الجامعي في أوج ازدهاره . أما بشأن الاساتذة ، فالملاحظات التي قيلت بالقرن الماضي ما تزال صالحة . فالاساتذة في فرنسا أكثر استقراراً ، منهم في غيرها ، حيث يخضعون عفوياً للاغراءات المتتالية من مختلف الكليات واصبحت الكيمياء أكثر قرباً إلى العلم منها إلى الطب إلا أن كليات الطب ظلت أبهم مراكز تعليم هذه المادة التي دخلت حتى الى كلية الجراحة في باريس . وكذلك الحال بالنسبة الى علم النبات . الذي وإن استقل ، ظل يعلم في كليات الطب ، وظل بهم عدداً لا بأس به من الاطباء . نذكر أيضاً ، أنه في النصف الثاني من القرن 18 ، نجح الصيدلة في استدراك التأخير الذي كانوا فيه بالنسبة الى الجراحين منذ ما يقارب مئة سنة ، في حين أنهم ، أيام الثورة ، كانوا يجلسون إلى جانبهم في كليات الطب .

إننا نرى الآن كم كان كبيراً ما قدمه القرن الثامن عشر في بناء الطب الحديث . ان هذا القرن لم تكن له نفس الاصاله الكبيرة التي كانت للقرن الماضي ، ولكنه عرف كيف ينمي ويقوي الميول التي سوف تؤتي ثمارها من اجل خير البشرية جمعاء .

الفصل الرابع :

الزولوجيا أو علم الحيوان

في آخر القرن 17 ، اعطى جون راي John Ray لعلم الحيوان شكلاً أكثر علمية ، فقد ادخل فكرة النوع وعرف دور التشريح في التصنيف الحيواني . هذا الحفز ربما حدد تقدماً برز طيلة القرن 18 وإذا كان تطور الزولوجيا قد بدا أكثر بطئاً من تطور علم النبات ، فان هذا الفرق يفسر بموضوع هذا العلم بالذات : إن دراسة الحيوان أكثر تعقيداً ، وتجميع المواد بدا أكثر صعوبة .

I - وسائل الدرس

تقنيات المراقبة - كان ميكروسكوب ليونوك Leeuwenhoek وميكروسكوب هارتسوك Hartsoeker - ويلسن ، شائعى الاستعمال . وفي مجال المراقبات الميكروسكوبية ، كانت تستعمل البلورات المكبرة والعدسات المؤطرة ضمن اطار نظارات ، وهو تجهيز يترك لليدين حرية التحرك ، وبالتالي يتيح الملاحظة والتشريح ، ولكنه غير مؤات للرسم . وفي سنة 1745 ، صنع ب . ليوني P.Lyonet نموذجاً جديداً من العدسات المكبرة المزودة بنفس الامكانيات ، وتتيح إضافة الى ذلك الرسم .

وشكل الرسم ، والتلوين والحفر مساعدات ثمينة بالنسبة الى علم الحيوان ، ومن بين الانتاجات الأكثر بريقاً في القرن 18 ، في هذا المجال ، نذكر المؤلف الفخم حول الفراشات وغيرها من حيوانات أميركا الجنوبية ، مؤلف حققه س . م . ميريان S.M.Merian في مطلع القرن . والرسومات والمحفورات الرائعة التي نفذها ب ليوني P.Lyonet لكى يزين بها أعماله الخاصة أو دراسات الزولوجيين الآخرين من أمثال ترمبلي Trembley وليبركون Lieberkuhn ؛ وأخيراً رسوم الطيور لـ ل . فريش L.Frisch وم . كاتسي M.Catesbey وج . ادوارد G.Edwards ورسوم الضفادع لـ روسل فون روزنهوف Roesel Von Rosenhof .

المجموعات وصلات التاريخ الطبيعي - ان المجموعات الخاصة كانت في تلك الحقبة عديدة وكثيرة الكلفة . وبلغ الولوج بمجموعات الاصداف ، الملحوظ في كل من فرنسا والمانيا ، أوجه في هولندا . وكانت صالة صدفيات ب . ليوني P.Lyonet ، في سنة 1762 تحتوي أكثر من 7000

قطعة ، وتعتبر الأكثر كمالاً حتى ذلك الحين .

واسس ج . ت كلين J.T.Klein في دانزيغ صالة تاريخ طبيعي حولت فيما بعد الى بايرث (Bayreuth) [في ألمانيا] .

وفي باريس ، نظم ريومور Réaumur (1683-1757) في بيته متحفاً مفتوحاً أمام الجمهور تجاوزت مجموعاته في أهميتها مجموعات صالة بستان الملك ، وبصورة خاصة الطيور التي كان مراسلوه المتعددون يرسلون له عينات منها من كل أرجاء الكون . واهتم ريومور في تحسين تقنيات حفظ الحيوانات ، وترك عدة مخطوطات تتعلق بصالات التاريخ الطبيعي . وكانت مجموعته التي ورثها للأكاديمية الملكية للعلوم قد نقلت بموجب أمر ملكي (1758) الى صالة بستان الملك في باريس .

ونجح بوفون Buffon بعد أن خلف دوفي Dufay كأمين لبستان الملك ، في زيادة المجموعات بشكل ضخم . وطلب من كل المسافرين ومن الموظفين ، في المراكز البعيدة ، أن يرسلوا حيوانات حية أو جلوداً ، ونباتات ، وأشباه معادن . وهكذا تلقى مواد ضخمة - مثلاً مجموعات مأخوذة من السنغال من قبل ادانسون Adanson - زادتها غنى الهدايا المقدمة من قبل بعض الملوك . وكلف دويتون Daubenton بتنظيم المجموعات ، وشكل كتابه « وصف بستان الملك » (1749) أول عرض متحف علمي . فضلاً عن ذلك ، أسست بداية حظيرة للحيوانات .

وفي سنة 1793 ، جمعت صالة بستان الملك تحت اسم متحف التاريخ الطبيعي . واقترفها تعليم الزولوجيا ، وأسند التعليم أولاً الى اتيان جيوفروا سان هيلير Etienne Geoffroy Saint-Hilaire ، ثم وزع بين هذا وبين لاسبيد ولامارك .

وبعد التغلب على مصاعب عدة نجح ا . جيوفروا سان هيلير E. Geoffroy Saint-Hilaire ، في آخر 1794 ، وبصورة رسمية في الحصول على انشاء حظيرة مخصصة جزئياً للملاحظة العلمية . نذكر ، فضلاً عن ذلك ، ان حظيرة برنس دورانج أتاحت ل ب . من . بالاس P.S.Pallas ان يدرس عدة أنواع جديدة أو معروفة بصورة غير كاملة .

رحلات علماء الطبيعة - في القرن 18 تنابعت الرحلات الكبرى ، وكثر عددها بصورة متزايدة ، وقام علماء الطبيعة المحترفون يشاركون فيها ، لجمع الوثائق الثمينة حول حيوانات غير معروفة ، ولتغذية المجموعات الخاصة ، والصالات والمتاحف .

ونظمت بعثات مهمة من قبل روسيا لاحصاء الحيوانات والنباتات والموارد الطبيعية ، في آسيا الوسطى وفي سيبيريا . وشارك في أولها (1733-1742) النباتي ج . ج . جملين J.G.Gmelin والحيواني ج . ستيلر G.Steller وشارك هذا الأخير ايضاً بالرحلة الى كامشكا من قبل م . ب . كراشينينكوف S.P.Kracheninnikov ، وجمع معلومات غير منشورة عن الفقرات في تلك المنطقة . وبين 1768 و 1774 نظمت بعثة علمية ضمت الحيواني ب . س بالاس وس . ج . جملين S.G.Gme- lin من قبل كاترين الثانية من اجل اكتشاف المنحدر الشمالي من القارة الآسيوية . ونشرت النتائج

المهمة التي توفرت لها في ثلاثة مجلدات تحت عنوان « رحلات عبر عدة أقاليم من الامبراطورية الفارسية » (1776-1771) .

ومنذ منتصف القرن 17 ، اهتمت أكاديمية العلوم ، في الدانمرك بسكان ايسلندا وتابع ي اولافسن E.Olafsen وب. بوفلسن B.Povelsen هذه الدراسة من 1752 إلى 1757 . وفي كتاب « ناشرتين فون ايسلندا » (1746) وصف ج. اندرسن J.Anderson لورسم اجناس الحوتيات والطيور في المناطق الشمالية . وفي 1788 ، نشر ن. موهر N.Mohr موجزاً اجمالياً لتاريخ ايسلندا الطبيعي ، في حين نشر اوتو فابريسيوس Otto Fabricius سنة 1780 كتاباً مهماً « فونا غرونلندا » .

وقدمت البعثتان الاوليان ، اللتان قام بهما جامس كوك James Cook في الباسفيك مستندات حول الحيوانات في أستراليا (هولندا الجديدة) . وشارك ج. بانكس J. Banks ود. سولاندر D.Solander ، في البعثة الأولى (1768-1771) التي زارت زيلنده الجديدة وقسماً من أستراليا . وقدموا وصفاً للكانغورو الذي ظل اكتشافه ، في سنة 1700 ، من قبل داميه ، غير منظور . ووصف ج.ر. فورستر J.R.Forster الذي شارك في الرحلة الثانية لكوك (1772-1775) لحيوانات أميركا الشمالية بشكل خاص ، وحيوانات الهند الشرقية والصين . ويُذكر أيضاً أن جوزف جسيو Joseph Jussieu الذي ذهب سنة 1735 الى أميركا الجنوبية مع بعثة جيوديزية ظل فيها 35 سنة ، وإن سونيرات وكومرسون Sonnerat et Commerson شاركوا في البعثات الى أوقيانيا التي قام بها بوغفيل Bougainville (1766-1769) وبيروز Pêrouse (1785-1788) .

وكانت أميركا موضوع إهتمام خاص . وتضمن « التاريخ الطبيعي للسنگال » (1757) الذي وضعه ادانسون Adanson بعض الملاحظات من النمط الزوولوجي . ووصفت حيوانات افريقيا الجنوبية سنة 1712 من قبل ب. كولب P.Kolbe ، وفي سنة 1787 من قبل السويدي آ. سبارمان A.Sparman الذي اهتم بشكل خاص في انتيلوب ، بالطيور والارضات (Termites) . نذكر أيضاً ، مع اشياء اخرى ، اكتشاف شواطئ افريقيا الشمالية من قبل ت. شو Th.Shaw والمعلومات المهمة التي جمعها ا. جيوفروسان هيلير Et.Géoffroy Saint-Hilaire ، وج. ش. دي سافيني J.C.De Savigny والرسام الملون ب.ج ردوتي P.J.Redouté بخلال بعثة مصر التي نظمها بونابرت ابتداء من 1798 .

وأخيراً درس ب. سونيرا P.Sonnerat حيوانات الهند ، والصين وجزر الملوك . في حين اكتشف ج. آ. اوليفيه G.A.Olivier آسيا الصغرى وفارس .

II - المفاهيم الجديدة في علم الحيوان

المنهجية أو التنظيم - بخلال القرون الماضية والعقود الأولى من القرن الثامن عشر بدا علم الحيوان ، بشكل خاص ، كسلسلة من أوصاف الحيوانات أو كحكاية اخذت تزول بصورة تدريجية

لتحل محلها الملاحظات الدقيقة والاكثر جدية .

ويدل تكاثر المذكرات المخصصة للمنهجية اي للتصنيفات ، التي تهتم بمجمل المملكة الحيوانية أو المقصورة على صنف معين أو على رتبة معينة ، على الاهتمام ، من جانب جميع علماء الطبيعة ، في ترتيب هذا العالم الحيواني الكثير والمتنوع .

وكان المعلم الكبير في هذه المنهجية أو التنظيم ليني Linné (1707-1778) ، الذي جدد علم الحيوان ، وذلك بتمسكه بوضع تصنيف طبيعي (أو أقل اصطناعاً) يحترم التقارب ، ويأخذ في الاعتبار ، ليس الشكل الخارجي فقط بل التشريح الداخلي .

وقد اختيرت الطبعة العاشرة (1758) من كتاب ليني المسمى « النظام الطبيعي » حيث وصفت فيه 4370 نوعاً ، كنقطة انطلاق في التنظيم العصري ، كما اختيرت كمرجع لتطبيق الاسبقية في مسائل الجدولة الدقيقة . والى ليني يدين علم الحيوان في أنه جعل ، بمثابة قانون الجدولة الاثنينية المطبقة على كل الكائنات الحية⁽¹⁾ .

قسم ليني المملكة الحيوانية الى 6 طبقات محددة وكبرى ، وفقاً للصفات التشريحية : ذوات الاربع ، الطيور والقواذب (كالضفادع) الاسماك ، الحشرات ، والدود .

في الطبعة العاشرة استبدل ليني كلمة اربعيات بكلمة ثدييات أو الحيوانات ذات الثدي . وقد اعتمدت هذه التسمية سريعاً . وصنف الانسان ضمن الثدييات وكذلك الحوتيات والوطواط . وهكذا كان ليني Linné أول من قدم مفهوماً واضحاً لطبقة الثدييات .

وقام كثيرون من معاصري ليني Linné بوضع تصنيفات لايأس بصلاحها ، من ذلك أنه في سلسلة مهمة من الكتب ومنها « النظام الطبيعي لعالم الحيوان » (مجلدان ، 1754 مترجم الى الفرنسية من قبل م . ج . بريسون M.J.Brisson) ، وضع ج . ت . كلين J.T.Klein (1685-1759) تصنيفاً مصطنعاً لكل المملكة الحيوانية مؤسساً على الصفة الظاهرية : وجود أو عدم وجود ارجل . والحيوانات ذات الارجل تقسم الى اربعيات أو اثنتين أو متعددة الارجل . والحيوانات بدون ارجل تتضمن الزحفات أو الحيات ، والحيوانات ذات الزعانف ، والحيوانات الشعاعية والحيوانات ذات الشكل غير الطبيعي . واستمر هذا التصنيف بشكل مصطنع ، فاصلاً مثلاً الدببة والقرود عن الثدييات الاخرى بسبب الاختلاف الموجود في ارجلها الخلفية وارجلها الامامية . أما الانسان فغائب عن هذا النظام . وادخل كلين تصحيحات متتالية على منهجيته في التصنيف ، ولكنه لم يراع مفهوم النوع الذي سبق وحدده راي . وعدم واقعية مثل هذا التصنيف يثير العجب اليوم ولكن في زمن كلين

(1) انظر أيضاً الفصل الأول والفصل الخامس من هذا الكتاب .

Klein كانت اللهفة كبيرة لمعرفة الحيوانات بسهولة . ولهذا كان لنظامه أنصاره الذين دافعوا عنه .

واعتمد م . ج . بريسون M.J.Brisson في « جدول المملكة الحيوانية 1756 الصفات التي استخدمها ليني ، ولكنه عزل الانسان وأقر تسع طبقات من بينها طبقات الخوتيات ، والاسماك ذات الغضروف ، والقشريات . أما ج . ب . ابرهارد J.P. Eberhard ، فبعد عزل الانسان ، صنف الحيوانات ضمن مجموعتين بحسب ما إذا كانت تملك أو لا تملك أعضاء حس تشبه أعضاء الانسان . واعتمد ج . ف . بلومنباخ J.F.Blumenbach مع بعض التعديلات تصنيف ليني . وأخيراً احتج ج . هرمن J.Hermann ، في « جدول المقاربات البيولوجية » ضد تمثيل وعرض المملكة الحيوانية ضمن سلاسل خطية عامودية ، واقترح توزيعاً بحسب خطوط شبكة . ولاحظ أن شكل قسم من الجسد يحدد شكل الاقسام الاخرى ، فأوشك أن يتنبأ بقانون العلاقات الشكلية .

الجغرافيا الزولوجية - إن الحيوانات في مجملها العائشة في منطقة معينة أخذت تبرز . مثلاً حيوانات الدانمارك (و . ف . مولر O.F.Muller) ، حيوانات بريطانيا (ت . بينان 1776 T.Pennant) ، حيوانات فرنسا (بوشوز 1776, Buchoz) ، ايطاليا الشمالية (سكوبولي 1786 Scopoli) ، حيوانات النمسا السفلى (كرامر 1756 Kramer) ، حيوانات هنغاريا (سقريني 1779 Severini) ، حيوانات الدانوب وروافده (مرسيفلي 1726 Marsigli) ، حيوانات روسيا (ب . س . بالاس P.S.Pallas) ، الخ .

وكانت العلاقات بين حيوانات مختلف المناطق في العالم ، وتشابهها وتغافرها غير مدروسة بعد بشكل مبثني . ولاحظ بوفون Buffon وهو يخصص توزيع الحيوانات في العالم ، وجود عدة مراكز متميزة في الجمالير الحيوانية : أميركا الجنوبية ، أميركا الشمالية ، أفريقيا الوسطى ، الهند ، افريقيا الجنوبية ، آسيا الوسطى وآسيا الشمالية وأوروبا ، واستراليا . وكل من هذه المراكز له حيواناته الخاصة . وقد لاحظ بوفون Buffon ان حيوانات العالم الجديد اذا قورنت بحيوانات العالم القديم « تشكل كطبيعة موازية جانبية ، أو كمملكة حيوانية ثانية ، تتطابق في كل مكان تقريباً مع الأولى » . من خلال هذه الملاحظات الصحيحة حول توزيع الحيوانات انشأ بوفون علماً جديداً جمع فيه علم الحيوان الى الجغرافيا .

هذا التوزيع الجغرافي لفت انتباه علماء الطبيعة أمثال شيرير جملين وزمرمن Schreber, Gmelin et Zimmermann . وقد حاول هذا الاخيران يقارن بين مختلف انواع الثدييات (1778) ، فبحث عن أصلها وعن هجراتها الممكنة :

III - جدولة الحيوانات

بخلال القرن الثامن عشر امتدت الجدولة الحيوانية حتى شملت كل المملكة الحيوانية . وبعض المجموعات استلقت الانتباه أكثر من غيرها : الحشرات ، والاسماك والطيور . وأدت المراقبة الدقيقة

لبعض الانواع الى استنتاجات لم تحتج الى إعادة النظر بها . ولكن مؤلفاً فيها ، يستدعي الاشارة الخاصة نظراً لاهميته .

التاريخ الطبيعى : بوفون - صمم بوفون . وحقق ، يعاونه العديد من المساعدين مؤلفاً ريادياً : « التاريخ الطبيعى العام والخاص مع وصف لصالة الملك » وقد صدرت المجلدات الثلاثة الأولى من هذا الكتاب سنة 1749 فتالت اعجاب الجماهير بانشاءها البراق وبأفكارها العامة . وأضيف الى المجلدات الست والثلاثين التي صدرت في حياة بوفون قبل 1789 والتي تعالج مواضيع الانسان ، وذوات الاربع والطيور واشباه المعادن ، ثمانية مجلدات نشرها لاسبيد Lacépède وتتناول ذوات البويض والحيات والاسماك والحيتانيات ، والتوابع ، وقد أعدها علماء في الطبيعة متنوعون .

كان بوفون خصماً لليني ، فلم يعتبر التصنيف كهدف اساسي في العلوم الطبيعية : وصف أولاً الحيوانات المنزلية الأكثر مؤلفة ثم الأجناس المتوحشة مبتدئاً بالحيوانات المفيدة للانسان فأعطي لكل نوع وصفاً تفخيمياً خارجياً ، متمماً بوصف تشريحي وضعه دويتون Daubenton . وهكذا فسرت أسس علم الحيوان الحديث ، وبذات الوقت جمعت مواد علم تشريحي مقارن .

البرزويات أو واحدات الخلية - في القرن الثامن عشر عرف ليونووك Leeuwenhoek ظهور حيوانات ميكروسكوبية انطلاقاً من النقع ومن هنا كلمة نقيعيات ادخلها ليذر مولر Leder Muller . واكتشف العديد من الانواع (ايكهرون Eichhorn 1775 ؛ سبالانزاني 1772 Spallanzani) ، في حين نشر و . فريسيوس O.Fabircius دراسة مهمة للدماركي و . ف . مولر O.F.Muller حول نقيعيات المياه الحلوة والنقيعيات البحرية . ووصف آ . ترمبلي A.Trembley العديد من أنماط البوليبي (المديخ) (فورتيل ، دردورة) ستونتور (قرد) واكتشف تكاثر الهدبيات وتكون المستعمرات بالانقسام .

كولتري (محفوفات البطن) - في حين زعم ل . ف . مرسيلي L.F. Marsigli ، مؤسس المختبر البحري في كاسيس 1706 Cassis ، زعم سنة 1725 أنه بين الطبيعة النباتية للمرجان ، كان الطبيب المرسيلي ج . آ . بيسونيل J.A. Peyssonnel ، أول من أكد على طبيعتها الحيوانية 1727 . وامتدت مفاهيمه فيما بعد لتشمل كل « الأجسام الحجرية » ، عرق اللؤلؤ (مادريبور) ، المليبور ، ولكن تصوراته هذه لم تعتمد مباشرة ، دون أن ترفض في جميع الأحوال .

ومن جهته عرف آ . ترمبلي الطبيعة الحيوانية لهيدرات الماء الحلوة ، وحلل بنيتها وحركتها والوسط الذي تعيش فيه ، وغذائها وأثر النور فيها وقدرتها على التوالد ، الخ . .

الدود - واسترعى الانتباه منشأ الدود المعوي يومئذ . وكان أغلب المؤلفين يعززون تكون هذا الدود الى الانسان الذي يأويه . وكانت أولى الكتب الوصفية حول الهملمنت (دودة معوية) قد نشرها ج . ا . ي . غويز J.A.E.Goéze 1782 ، وكانت ما تزال غامضة . واخترع و . ف . مولر كلمة « بلانير » (علقه ، دودة) وربط بهذه المجموعة الليميرتسيات التي كانت أول نوع منها قد وصف .

سنة 1758 من قبل بورلاس Borlase .

الدورات والمكورات - وبفضل الميكروسكوب اكتشف ليونوك المكورات التي سبق أن سماها ترمبلي بوليب ذات الدولابين ، والتي ناقش كتاب كُتِر مظهر دواليها الدوارة . ووصف و . ف . مولر O.F.Muller حوالى 50 نوعاً منها .

الحزازيات وعضديات الأرجل (طويبات من أشباه الديدان) :

كانت الحزازيات قد لوحظت منذ القرن 16 ، وأشار إليها غالتيري Gualtieri سنة 1742 . وتولى ج . اليس J. Elis وآ . ترمبلي A. Trembley وصف أنواعها المتعددة . أما عضديات الأرجل ، وقد سميت هكذا من قبل كوفيه Cuvier سنة 1802 ، بعد أن ظلت مدة طويلة ملتصبة مع الرخويات ، فقد تولى ب . ص . بالاس سنة 1766 وصف أول نوع منها .

الرخويات - كان علم الصدفيات محترماً جداً . وقد سبقت دراسته دراسة الحيوان بالذات كما كانت موضوع نشرات مهمة : الصالة الجديدة لعلم الصدفيات المنهجي المؤلفه مارتيني وشاميتز Mar-tini et Chemnitz (11 مجلد ، 1795-1769) ؛ صحيفة نشرها ج . س . شروتر J.S.Schroeter (12 مجلد ، 1781-1774) ؛ « القاموس الموسوعي حول الرخويات » وضعه ج . ج بروغير (1789) J.G.Bruguieres فضلاً عن ذلك صنف ج . س . بولي G.S.Poli الرخويات سنداً لأعضائها الحركية ، في حين قدم بالاس Pallas سنة 1768 أفكاراً حول تصنيف الرخويات والحيوانات الدنيا . ونذكر أخيراً بالعمل العظيم الاستكشافي الذي قام به ريومور Réaumur في زولوجيا عديمة الفقرات البحرية وذات المياه الحلوة .

الحشرات - أعلنت بعض الكتب الاصيله التي نشرت في السنوات الاخيرة من القرن السابع عشر ازدهار علم الحشريات (الانتومولوجيا) في القرن الثامن عشر . فقد راقب فاليسيري Vallis-nieri نمو مختلف الحشرات (صياد النمل ، والنمس ، وقعشبان (حشرة شبيهة بالنملة) ، وكريوسيرة « الزنبق » الخ) في حين اهتم سلوان Sloane بالحشرات الاجنبية (1707) ، كما ان كتاب « مسرح الحيوانات » لـ ج . جونستون J.Jonston افسح مجالاً لعلم « الانتومولوجيا » . وبعد ان قدم ريني انطوان فرشوت دي ريومور René Antoine Ferchault (1757-1683) مساهماته المهمة في الترموتريا أو قياس الحرارة ، وفي صناعة المستحضرات الحديدية وفي البورسلين ، انصرف الى دراسة الحيوانات وخاصة الحشرات ، فراقبها بذكاء ملحوظ حتى أنه أسس حقاً علم العادات (ايثولوجيا) . واختار في كل نوع الاصناف التي تستحق أن تميز ، وعن طريق البحوث الدقيقة والواضحة قام بتحليل دقيق لحياتها وسلوكها ، مستبعداً كل لجوء الى الشهادات غير المؤثقة او الى الروايات الطريفة أو الى التصور الذي يجعل من الانسان هو المحور .

ومن سنة 1734 الى سنة 1742 نشر ريومور المجلدات الستة من كتابه « مذكرات في خدمة تاريخ الحشرات » . وقد استكملت هذه المجلدات حديثاً بمجلدين آخرين نشرها سنداً لمخطوطاته . ورغم

إيمانه بأهمية المنهج ، فإنه لم يحاول اقرارها ، بل وضع الهيكلية الاولى لاول تاريخ إيثولوجيا للحشرات متفحفاً غالبية الاصناف : البرقا والفراشات ، القرع وشبه القرع ، والارقة وأعداؤها ، جرب النباتات وحشراتا ، مزدوجات الجناح وغشائيات الجناح (وبصورة خاصة النحل) ، الزراير .

وأثر ريومور Réaumur تأثيراً عميقاً ووجه بحوث العديد من علماء الطبيعة الذين أغرامهم هذا العلم الجديد السلوكي . وتخصص ج . آ . بازين G.A.Bazin في التشريح وفي فيزيولوجيا البرقا . واكتشف شارل بوني Ch.Bonnet فيما اكتشف التلقيح الذاتي لدى الأرقا (1740) ، ودرس ب . ليوني P.Lyonet نوع حياة ، وتحولات الحشرات في ضواحي لاهاي (1736 الى 1745) ؛ ويدل كتابه « الدراسة التشريحية للبرقة التي تأكل خشب الصفصاف » (1760) ، على عمق ملاحظته وعلى أمانة نقله . وتابع السويدي دي جير De Geer عمل ريومور في المجلدات الـ 7 من كتابه « مذكرات في خدمة دراسة الحشرات » (1752-1778) حيث تم وصف أكثر من 1500 صنف .

نذكر أخيراً بعض التصنيفات الانتومولوجية المرضية نوعاً ما والتي قدمها ش . ج . جابلونسكي Ch.G.Jablonsky ، وج . س ، فيريسيوس J.C.Fabricius ، وج . اليجر J.Illiger ، ونشر أولى كتب الحيوانات الانتومولوجية الوطنية : في انكلترا والمانيا وفرنسا والسويد .

الفقرات - في القرن الـ 16 و 17 كانت الاسماك موضوع العديد من الدراسات . ولكن في بداية القرن الثامن عشر وضع السويدي ب . آرديدي P.Arteidi ، الذي نشرت مخطوطاته سنة 1738 من قبل ليبي ، الاسس الحقيقية لعلم الاسماك كما وضع جدولاً تصنيفياً ما يزال مستعملاً . وهناك دراسات أخرى مهمة تعود الى هـ . ل . دو هامل مونسو ، H.L.Duhamel du Monceau ، وآ . بروسوني A.Brousset ، وم . ي . بلوخ M.E.Bloch ، وآ . ل . مونسو (1785) Al.Monro ، ولاسيبدا Lacépède (التاريخ الطبيعي للأسماك ، 1798-1803) .

في حين كانت السمندلات Salamandres السقايات والضفادع بالتالي موضوع أعمال دوفي Dufay ، وروزل دي روزنهوف Roesel de Rosenhof ، قام ج . لورنتي J. Laurenti (1768) ولاسيبدا Lacépède (1788) يقترحان تصنيفات جديدة للزواحف .

وقد ازدهرت دراسة الطيور نوعاً ما . وتولى الالماني لـ . فريش L.Frisch وصف العديد من الطيور في أوروبا الوسطى والمانيا . وقدم ب هـ . ج موهرنغ P.H.G.Moehring (آفيون جنشراً 1752) وم . ج بريسون M.J.Brisson (1760) تصنيفات جديدة ، منها « أورنيثولوجيا = مبحث علم الطيور » لهذا الأخير . وهذا المؤلف افاد من بحوث ريومور ، ومن المراد التي جمعها منذ 1740 ومن اللوحات التي أمر بحفرها . وبعد تحويل مجموعة ريومور الى بستان الملك في باريس استخدمت أيضاً في اعداد كتاب بوفون .

وجرت محاولات تصنيف مصطنعة نوعاً ما للشديدات من قبل ج . س . شريبر J.C.Schreber ، وت . بينان T.Pennant (1771) ج . س ، ستو G.C.Stow (1780) وإتيان

جيوفروا سان هيلير Et. Geoffroy Saint-Hilaire وكوفيه Cuvier . فضلاً عن ذلك درست أنماط خاصة من الثدييات لأول مرة . ووصفت أحاديث المسلك ، والنضاض وخلديات الماء من قبل شو Schaw (1799) ، في حين كانت الجرايات موضوع عمل مشترك من قبل اتيان جيوفروا سان هيلير Et. Geoffroy Saint Hilaire (1796) . وكان الموضوع المنهجي للحوثيات والسيرينيات (حيوانات لبونة) موضوع العديد من المناقشات .

وأخيراً نشير الى الدراسة الممتازة المخصصة للقواضم من قبل ب م . بالاس (1778) .

الانسان - حاول بوفون في « التاريخ الطبيعي للانسان » (1749) ان يثبت وحدة الانسان . وقد اعترف بأربعة أجناس : الاوربي ، والاثيوي (الحبشي) ، والمغولي ، والاميركي . واعتبر أن «الانسان الابيض في أوروبا ، والاسود في افريقيا ، والاصفر في آسيا ، والاحمر في أميركا ، ليس إلا إنساناً واحداً لؤته المناخ » . وتنتج التنوعات البشرية من تفاعل ثلاثة عوامل : المناخ ، التغذية ، وأسلوب المعيشة ، وفي حين نشر ب م . بالاس دراسة مفصلة عن العرق المغولي ، اعتبر ف بلومباخ ، سنة 1775 ، الاعراق البشرية تنوعات من جنس وحيد . والاهمية التي أعطاها للجمعية جعلت منه احد طليعي علم الجماعم العرقية . وفي حين اعتبر بالاس في تصنيفه (1779) ان الانسان هو فاتحة طبقة الثدييات ، اعتبر م . ج . بريسون وت . بينان ، أن الانسان يشكل طبقة على حدة .

وشبه ب كامبر P. Camper تشريح الاوران - اوتان Orang-Outan بتشريح الانسان . واجر قياسات جمعية واكتشف أهمية الزاوية الوجهية في مختلف الاعراق البشرية . وأخيراً ، وفي سنة 1795 ، لخص س . ف لودويج C.F.Ludwig التاريخ الطبيعي عند الانسان ، كما ظهر في أواخر القرن 18 .

في القرن 18 ، كانت نهضة الزوولوجيا (علم الحيوان) بارزة : لقد تحسنت معرفة الانواع الحيوانية في حين اخذت ترتسم توجهات جديدة ، تفتحت في القرن اللاحق .

وكان الميل الى التاريخ الطبيعي كثير الانتشار . فكان الناس معجبين بالطبيعة ، وجمالها ، وصنعتها وفائدتها وفتت بعض الأعمال الناس بشكل خاص مثل « مشهد الطبيعة » للاباتي ن . آ . بلوش N.A.Pluche (1732) ، و « مذكرات » ريومور Réaumur ، و « التاريخ الطبيعي » لبوفون Buffon . وزيادة على قيمته الجمالية ، اعطى البعض للتاريخ الطبيعي قيمة دينية : من هؤلاء الفيلسوف ج . ج سولزر J.G.Sulzer ، الذي كرس كتاباً لجماليات الطبيعة ، والراعي ف . ش لير F.C.Lesser ، مؤلف كتاب « علم الحشرات » (1735-1738) وكتاب « نسطاسيو - تيولوجي » (1744) ، ومؤلفون آخرون بحثوا في التأملات الدينية حول السطور (ج . هـ . زورن J.H. Zorn 1742) ، أو حول الأسماك ج . ج . أوهنفلشر J.G. Ohnefalschrichter 1734) ، الخ .

الفصل الخامس :

علم النبات

في علم النبات قلما كان القرن 18 الا تطوراً للقرن السابق . فقد وجد فيه ازدهار كامل - اذا وضع التشرح جانباً ، حيث برز تعب . اكيد - للمجالات العلمية الكبرى التي رأيناها تتجسد : علم التصنيف ، الفيزيولوجيا ، البيولوجيا الجنسية (= علم الاحياء) . وهي لم تنتشر فيه وتتقدم بخطوات الجبايرة . وإذا كانت الاصاله غير متوفرة في المواضيع وفي المناهج ، فإنها تنوجد في الأهمية المعطاة في تنفيذ هذه المناهج ، وفي الاكتشافات التي أدت اليها وربما أكثر من ذلك أيضاً في تحديد المفاهيم . إن عصر لينبز Leibniz ونيوتن Newton ليس هو بالتأكيد وراء عصر ديكارت من حيث جرأة الفكر ولكنه أكثر تعقيداً . من هنا ظهور التناقضات العميقة والخصبة حيث ظهرت إقامة أو - في حال عدم وجودها - مجرد محاولات للتعريف ببعض المفاهيم أو النظريات ذات الأهمية الرئيسية مثل مفاهيم النوع والوراثة والتحولية والبيولوجيا ، أو حتى الانتقاء الطبيعي أو وحدة الخلية (ش . ف . وولف C.F.Wolff) .

وكان جهد هذه الحقبة هو جهد توضيحي عام فيما يتعلق بفهم الطبيعة : لقد سعى هذا الجهد الى « وضع » اسس عامة للبيولوجيا . وفي هذا العصر المحوري ازدوجت الحركة الديكارتية ، سائرة بالتوازي مع ما تبقى من الحركة اللرية القديمة ، وتداخلت مع فكرة جديدة : لقد كان لينبز Leibniz مؤثراً باستمرار في كل القرن ، وبصورة خاصة بفعله . اتسمت بعض الانشقاقات مع البيولوجيا الديكارتية ، جالبة الاغتناء الحاسم وكذلك التراجع بأن واحد .

وشارك علماء النبات مشاركة ناشطة بالبحوث الكبرى في تلك الحقبة : وكان الكثيرون منهم ، البعيدين بهذا الشأن عن أمثال بوفون Buffon أو أدانسون Adanson ، من رجال الدين أو من المتدينين العميقين (هالس Hales ، لينبي ، آل جوميو ، بريستلي ، كولروتر ، سبرنغل ، بوني Bonnet ، وسيسيبية Senebier الخ) ، ولكنهم جميعاً انقادوا طائعين وراء البحث الايجابي ، وأحياناً أبعد من كل ترو . فقد كانوا (أي علماء النبات) واثقين من العلم ، ولذا كانوا يطلبون منه أن يثبت إيمانهم أو فلسفتهم ، حتى ولو على حساب التسويات التي لا حدود لها فيما يتعلق بالتيولوجيا أو بالمبادئ التي يؤمنون بها .

والمؤرخون اليوم متفقون عموماً : المفاهيم المشجوة اليوم ، في أشكالها الموجزة ، مثل مفاهيم الثبوتية ، وصبق التكون والحيوية ، والغائية ، كانت في أغلب الاحيان ، في إطار القرن الـ 18 ، تقريبات ضرورية من الحقيقة ، كما كانت خبيرة تقدم مهم . كتب هوسكين Hoskin 1961 « في معرض الكلام عن هالس : العلم هو مهنة دينية ، وفي كتاب « فيجيتابل ستاتيكس » انتباهنا مشدود دائماً نحو ما كان هالس يراه كمقصد وغاية للطبيعة. » « ليمجدك كل ما خلقت من البداية الى النهاية » كتب ليبي ، ابن القس ، متوجهاً إلى الله ، ولكن كتابه ، هل يمكن أن يكون شيئاً آخر إلا قاعدة لثبوتية راسخة لا تتزعزع ؟ ...

ولانه كان مؤمناً ، وكان يعتقد بعمق بالتناسق المقرر سابقاً ، في حين أن فكرة الاصطفاء الطبيعي ليست عملياً ، حتى ذلك الحين واردة ، الأمر الذي حمل سبرنجل Sprengel على كتابة واحدة من أنقى تحف الأدب النباتي . ولانه متمسك ، مثل هالر مواطنه العظيم السويسري ، من اجل سبق التشكل ، وهو مفهوم ضروري قبل مفهوم النظرية الخلوية ، أكرر لانه متمسك بهذا رفض الراعي فوشر Vaucher الخلق الفجائي في مملكة الالفيات بحيث استطاع أن يقرر وجود التناصل الجنسي لدى هذه الكائنات . وإذا كان لامارك Lamarck قد تجاوز بوفون Buffon فلان فكرة حيوية (بمعنى من المعاني) تتلائم بصورة أفضل ، في أواخر القرن الـ 18 ، من المادية الميكانيكية في محاولة لفهم الاشكال العضوية وعلاقاتها .

لا شك ان سيجيسبك Seegesbeck (1737) يغطي وجهه تجاه فكرة غزارة اللقاح بالنسبة الى عدد البويضات ولا يمكنه أن يعتقد أن مثل هذه الاباحة المشينة يمكن أن تكون من صنع الكلي القدرة (راجع ر . ش . اولبي R.C.Olby ، اصل المنذلية ، نسبة الى مندل ، 1966) . ولكن المؤلفين الكبار لم يكن لديهم مثل هذا الحرج ، فلم يشكل الله بالنسبة اليهم اية عقبة . كان ليبي يؤمن بالخلق الحالي للأنواع الزائلة . وفي نظره يسمح الله للطبيعة بأن تلعب . وكان يقبل أيضاً بنظرية نصف تطورية قائمة على نوع من التخصيص في التزاوج . وهذه النظرية كذبتها بحوالي 1765 ، الاعمال النباتية التي قام بها كولروتر Kolreuter ، إضافة الى أعمال بوفون حول التهجين في الحيوانات : إن التلاقي لا يؤدي إلا الى عقم المهجنات .

ويذكر هنا ، كأمير ملفت تماماً ، مسار الافكار بالذات ، فيما هي قية من تناقض . وعند البحث ، بقصد التصنيف من أجل وضع تعريف للنوع ، وبعد التوصل في هذا الشأن الى استخلاص فكرة التناسل كمعيار اساسي يعتبر القرن الـ 18 مرحلة ، ولكنه يحرم نفسه بذات الوقت من إمكانية فهم للعلاقات الحقيقية القائمة بين الكائنات الحية وهذا الفهم للنوع اقضى يومئذ ، رفض التحولية بالفعل (راي ، بوفون ، كولروتر ، بالاس ، . . . Ray, Buffon, Kolreuter, Pallas) - وضع اتخذهُ أيضاً أدانسون Adanson بعد 1763 . يقول كولروتر Kolreuter اي ايهام وأي غموض إذا أمكن خلق أنواع ، على الهوى والمشية ، عن طريق التهجين .

وبعد راي بقرن من الزمن ، إنما بعد رفض كل التصنيفات بأنواعها حتى فكرة النوع ، ثبت

لامارك التغييرية . والتناقض لن يحل الا مع داروين الذي عرف كيف يبعث فكري النوع والتحولية ، كما اخذ منها الاستكمالية الضرورية . ولكن فاته التكامل في فكرة اليراثية الجزئية التي وضعها مويرتوي Maupertuis . وطيلة القرن الـ 18 الذي كان يعتبر كبؤرة للبيولوجيا انبثقت الافكار وتصادمت ، وتكاثرت الأعمال وكذلك المشاكل تحدت ضمن الفوضى. والتناقضات ذات الاصول الكبرى . ولكن كيف يمكن ضمن هذا الابداع اللاواعي والعظيم ، إجراء مسح في ما يعود الى علماء النبات من جهة وإلى علماء الحيوان من جهة اخرى ، وحتى الى الفيزيائيين والكيميائيين عندما كانوا في أغلب الاحيان من أمثال هالس وليني وهالر ولامارك علماء نباتيين كاملين ، بل وأحياناً مفكرين وفلاسفة أو شعراء (هالر) ؟ .

لقد وضع القرن الـ 17 تصميماً لعلم مشترك بين النبات والحيوان . ونخصص القرن الـ 18 بهذا الشأن الى درجة - مع إعطائه ، مع بوفون أبعاده الزمنية - أخذ معها الأمر بالفعل مداه وحصل على اسمه . إنه في القرن الـ 18 تكونت بنية المعرفة البيولوجية .

I - علم المنهجية

ليني والتصنيف العائد إليه - سطر اسم السويدي شارل ليني (كارل ليناوس Carl Linnaeus = كارل فون ليني Carl Von Linné , 1707-1778) على كل تاريخ علم النبات في القرن الـ 18 . كان والد ليني راعياً بروتستنتياً ، ودرس ليني الطب في مدينة لاند أولاً ، ثم في أيسال . وكان موهوباً بمقاربة تجريدية خالصة ومبكرة ودقيقة بشكل فريد . وقد انصرف منذ 1729 الى هوايته الناشئة هواية التاريخ الطبيعي وبصورة خاصة علم النبات . وكان وسيقى فناً وجمالاً ومتعصباً للمعرفة المجردة . وكان يرى العالم كمطاء مدهش يتوجب تأمله ، ولكنه لا يكشف عن نفسه ، في عزمه العجيب إلا بعد بذل الوقت والانتباه : من هنا الحاجة الى تسمية الاشياء ووصفها ، ومن أجل الوصول الى ذلك لا بد من ترتيبها : من هنا الضخامة التي لا مثيل لها في هواية ليني للتصنيف . إننا نعلم أنه انطلق من سيزالينو Cesalpino ومن جون راي ومن تورنفور Tournefort وأدعى ساش Sachs وآخرون ان ليني بعقليته المدرسية لم يكن يستطيع فتح أي منظور على العلم الحديث . وهذا صحيح . ولكنه كتب ، مع ذلك ، كتاباً يبقى كأحد المعالم الأكثر وزناً في الفكر الابداعي ، الفكر الذي بقي مهماً حتى القرن الـ 19 .

لقد نشر ليني الكثير . فعدا عن كتابه الشهير « النظام الطبيعي » (1735) ، والكتب الاساسية وهي : « أساس البوتانيك » (1736) ، « طبقات النباتات » (1738) ، « الفلسفة النباتية » (1751) ، يجب أن نذكر أيضاً : « المكتبة النباتية » (1736) ، « الانتقاد النباتي » (1737) ، « طبقات النباتات » (1737) (طبعة خامسة سنة 1754) ، هورتومس كليفورتيانومس (1738) « أنواع النباتات » (1753) ، « امونيتات أكاديميكا » (1749-1769) .

قبل أن يكتب ليني سافر كثيراً . فمُنذ كان عمره خمساً وعشرين سنة سافر الى لابوني على الحبل . وكانت رحلة لا تتسى تركت لنا ، عدا عن قصة ، كتاباً جميلاً جداً « فلورا لاهونيكا » (1737) . وبعد أن اجتاز المانيا ، بعد 1735 ، عاش في هولندا حيث التقى المشرع القانوني كليفوردي ، وبعض كبار علماء الطبيعة أمثال : ج . ف . غرونوفوس J.F.Gronovius ، مؤلف - مع جان كليتون J. Cloyton (1773-1694) - « فلورا فيرجينيكا » (1739, 1743-1762) ، وهرمان بورهاف Hermann Boerhaave الذي حسن الوصفات النوعية لتورنفور ورجع ليني الى السويد سنة 1738 ، ولكنه قطع انكلترا وفرنسا ، واتصل بالطبيعيين الأكثر شهرة : ج . د . ديلن J.D.Dillen ، وسيرهانس سلوان Sir Hans Sloane ، والاخوين انطوان وبرناردي جوسيو Bernard et Antoine Jussieu .

ووصل درس كاميراريوس المدهش ، حول تزاوج النباتات الى ليني Linné الشاب بواسطة مذكرة س . فايان S.Vaillant (1717) ، تلميذ تورنفور Tournefort في بستان النباتات في باريس . وتفاعل الدرس في نفسه في الحال ، وكان نوعاً من العجبية ، بدون شك : لقد ولد النظام الجنسي . وفي كتاب « نظام الطبيعة » (1735) عرض ليني Linné مبادئ أسلوب التصنيف الذي قرران يعتمدانه ، فكان هناك مجرد تصميم من حوالي عشر صفحات ، ولكنه طبع اثنتي عشرة طبعة متتالية كان آخرها ، في أربعة مجلدات (1766-1788) ترجم الى عدة لغات .

وارتكزت المنهجية ، المسماة النظام الجنسي ، على عدد السُدرات (الإيتامينات Etamines) (وحيد السداة أو الاسدية ... متعددة الاسدية) ، وعلى نسبتها الى بعضها (وحيدة الحزمة ثنائية .. متعددة الحزمات) وكذلك على غط الجنسانية : نباتات ذات زهرات خثوية أو وحيدة الزوج أو ثنائية أو متعددة الأزواج ، أو ذات جنسانية خفية ومجهولة . ولم يتدخل عدد البويضات الا بصورة ثانوية (وحيدة البيضة ثنائيتها ...) .

وهذا الأسلوب مصور في ترسيم مدهش ، يؤدي الى الاعتراف السهل ، 24 طبقة مقسومة الى اسلاك أو أصناف . وهو على علاته ، سلب اعجاب علماء النبات في ذلك الوقت الذين كانوا قد أنقسموا بين معجب ، مثل العديد من طلاب ليني (هاسل كيست ، تورن ، أوسبك ، لوفلن ، نبرغ ، فورسكال ، صولندر ، غليدش ، الخ ، Hasselquist, Torén, Osbeck, Loeffling, Thunberg, Forsskal, Solander, Gleditsch) . او الى خصوم أمثال (سيجسبك ، لودوغ ، ج . س . فبريسيوس ، هيستر ، سكوبولي ، وهالر ، Siegesbeck, Ludwig, J.C.Fabricius, Heister, Scopoli et Haller) . كما ان هذا الأسلوب اعطى ليني Linné شهرة ضخمة أتاح له أن يفرض اصلاحاً جديداً ، أكثر أهمية ، وعوجه يتوجب على كل الكائنات الحية بعد ذلك أن تعين باسم يدل على نوعها ، وعلى صفة هو الجنس : والكل باللغة اللاتينية . وإذا كان تصنيف ليني قد ترك ، فإن جدول الاحصائي قد فرض نفسه بصورة تدريجية وما يزال معتمداً عالمياً .

فضلاً عن ذلك توصل ليني ، بفضل حرصه على تمييز الزهرة وتسميتها بالاستعانة بصفات

ماخوذة منها، استطاع أن يُغني بشكل ضخم، وأن يحدد المعجمية التقنية لصناعة النبات . وهكذا اعتبر أكبر مصلح في علم تسمية الأزهار وفن الوصف .

لهذه الاسباب جميعاً ، عرف ليني المجد في حياته ، فأعطى لقب النبالة من قبل ملك السويد ودفن عند موته الى جانب الملوك في كاتدرائية ايسال .

كان في التصنيف السائد في القرن السابع عشر وخاصة عند تورنفور Tournefort ازدواجية نشأت عنها الحركتان الكبريان في القرن الثامن عشر : الحركة الاولى وبلغت ذروتها عند ليني Linné ، والثانية عند الأخوين جوسيو Jussieu وعند أدانسون Adanson . بالنسبة الى هؤلاء الأخيرين تعتبر الطريقة او الاسلوب من فعل الطبيعة ولذا فهي لمحة وموضوعية . أما ليني فإرها وسيلة يصنعها الانسان : إنها وسيلة تتبع معرفة وتسمية الأنواع والأجناس . وقد نجح ليني Linné في المهمة الصعبة فوضع طريقة هي الأيسر والأوضح والأفصح التي يمكن تصورها . وهذه الطريقة أسسها على تصور لا يعطي ، خيارياً ، أي مكان لتسلسلية الطبيعية فوق مستوى النوع ، إنها طريقة مصطنعة خالصة ، وهي تمثل تراجعاً ضخماً ، ولكن في اللحظة التي تدفقت فيها من كل صوب المجموعات الجديدة ، انقذت طريقة ليني علم النبات من الوقوع في الإبهام . فضلاً عن ذلك لقد بينت بطلان البحث عن أنظمة مصطنعة . وقد حارب أدانسون ، وهو المتلاعب القدير المدهش بالصفات ، ليني بدون هوادة ولكنه عرف أيضاً كيف يستفيد تماماً من دروس المازق الليني .

ومن خلال النظام الجنسي ، وبعد أن خلق بشكل خاص طبقة الكريبتوغان أو النباتات بدون أزهار ظاهرة مثل البقيات (خنثار ، طحالب ، فطر) ، قدم ليني ، نوعاً ما نظرية حول الجنسية النباتية معممة . لقد تجسدت فرضية الجنسية العامة للكائنات الحية : وهي سوف تكون خصبة الى أقصى الحدود (هديويج Hedwig ، وفوشر Vaucher الخ) .

ربما كانت هي الحكمة - ما لم تكن الجنون - والعبقرية متحدتين هما اللذان صنعا الصنيع الليني العظيم والزائل بأن واحد . ولكن ليني كان بعيداً عن سوء الفهم ، فعرف الرسالة المزجوجة ، رسالة تورنفور : فحاول أيضاً أن يضع الطريقة الطبيعية . ومنذ 1738 (اجزاء الطريقة الطبيعية) ، ميز 65 مجموعة . وصمم (الفلسفة النباتية 1751) تصوراً عاماً للمملكة النباتية مقسومة الى ثلاث طبقات : عديم الفلقة ، وحيد الفلقة متعدد الفلقات . وكان هذا هو أساس أعمال آل جوسيو Jussieu .

برنار وآ - ل . دي جوسيو Bernard et A.L de Jussieu ، أدانسون Adanson والتصنيف الطبيعي - تقاسم النباتيون الفرنسيون أدانسون وآل جوسيو Adanson et Les Jussieu مجد وضع الاسس لهذا التصنيف الطبيعي الذي اراد ليني تحقيقه بنفسه .

وعائلة جوسيو التي تمثل بخمسة أشخاص مشهورين هم : انطوان وبرنار وانطوان - لوران وجوزيف وادريان Antoine, Bernard, Antoine-Laurent, Joseph et Adrien ، قدمت للمنهجية أكبر الخدمات . وقد ربط برنار دي جوسيو (1699-1777) ، بصورة خاصة اسمه بهذه

المنهجية . فقد كان مساعداً للدليل في بستان الملك ، وقضى هذا العالم المتواضع ذو المزاج التسامحي ، ساعات طويلة صامتاً في غرفة عمله برفقة ابن اخيه انطوان لوران . وبعد أن كلفه الملك لويس الخامس عشر أن يفرس بستاناً في قصر بوتي تريانون ، اعتمد لأول مرة ترتيباً طبيعياً في التصنيف . ونحن قلنا نملك عنه غير ثلاث نشرات : الأولى حول الحبابيات ، والثانية حول أزهار « لنا » والثالثة والأخيرة تؤكد الطبيعة الحيوانية لزوانير التي كشفها من قريب بيسونيل Peyssonnel .

إن انطوان لوران دي جوسيو (1748-1836) هو الذي نجح مع ادانسون مبدأ التصنيف الطبيعي . وطبقه لأول مرة ، سنة 1779 ، « في فحص أسرة الحوذان، Renoncules » ، وفيه بين أنه ، رغم فوارق الشكل والبنية والتناظر التي يمكن لحظها بين ازهار مختلف أشكال هذه الاسرة ، هناك صفات مشتركة تتوافق مع روابط القرية ، وتتيح ربطها بنفس العائلة الطبيعية . وقد عرض الخطوط الكبرى لهذا التصنيف ، سنة 1789 في كتابه « جنرا بلنتاروم » : « ويميز فيه 3 أقسام ، بدون فلكة بفلكة واحدة وبفلقتين . والنوعان الاخيران قسما على التوالي الى 3 وإلى 1 لمجموعة بحسب موقع الأسدية بالنسبة الى المبيضات (وحيدة الفلكة ، وثنائية الفلكة تحت مائثية ، محيطية وعلوية) أو ، في ثنائية الفلقات وحدها ، وفقاً لسمات مأخوذة من التوزيع (بدون بتلة ، وحيدة البتلات متعددة البتلات ؛ توزيع تحت مائثي ، محيطي أو علوي) .

وعرف جوسيو حوالي مئة عائلة ما تزال مقبولة حتى اليوم وأكثر من نصفها لم تتغير بعد ذلك . واصبح استاذاً في الموزيوم (المتحف) سنة 1793 فأقصى أواخر سني حياته في استكمال عمله⁽¹⁾ .

وكان اسلوب جوسيو ، ومهما كانت متأخرة المبادئ المسبقة التي ارتكز عليها لتبريره ، فإن هذا الاسلوب او هذه الطريقة ادخلت بعداً . فقد أضاف الى مفهوم النوع والجنس الطبيعيين ، المقررين نهائياً من قبل ليني ، مفهوم العائلة الطبيعية (بفضل ماغول) ، وحتى مفهوم الاقسام العليا المرتكزة على بنية الحبوب ، وهو مفهوم قدمه راي . ومن التسلسل المعروض بهذا الشكل استخرج مفهوم التقدم في التنظيم وهو مفهوم سيكون اساسياً في عمل لامارك Lamarck .

وبذات الوقت شغل البحث عن طريقة طبيعية لتلميذاً لبرنار جوسيو هو ميشال ادانسون (1727-1806) إغماً باتجاه مختلف تماماً . كان أدانسون تلميذاً لتورنفور ولبوفون فشهر بصناع الأنظمة

(1) خلف انطوان دي جوسيو Antoine de Jussieu (1758-1866) وهو الأخ البكر لبرنار ، تورنفور في بستان الملك . ونشر ما حصل عليه ب . باريلي P. Barrelier ، وكذلك العمل الفرنسي الأول حول علم التحجرات النباتية المتعلقة في بصمات النباتات الملاحظة في سان شامون . وقد اهتم أيضاً بالنباتات الأجنبية ، وخاصة بشجرة البن . وكان أخوه الذي يليه جوزيف (1779-1704) قد عاش طويلاً في أميركا الجنوبية حيث درس نباتاتها . وأخيراً أصبح ادريان دي جوسيو (1853-1797) هو حفيد السابقين ، أستاذاً مثلهم في المتحف ونشر عدة دراسات خاصة عن العائلات النباتية .

المصطنعة وعلى رأسهم ليني ، وطمح الى أن يضع النظام الكوني الوحيد اي النظام الموضوعي ، نظام الطبيعة . ويعكس جوسيو الذي كان يدعو « الى وزن والى حساب الصفات » كان ادانسون يقول إن على الطبيعة ، إذ أمكن القول أن تقدم خطتها بنفسها .

إن المصنف يجب أن يعرض عن الطريقة التجريدية ويجب بحسب رأيه أن يكتفي بالتدوين . ولكي يتوصل الى ذلك هناك وصفة وحيدة : التوجه الى كل الصفات ، ثم النظر فيها ، عند الانطلاق وكأنها ذات دلالة متساوية

ولم يصل احد بالرغبة في الموضوعية الى هذا الحد . وهذا الاسلوب فتح ادانسون طريقة تصنيفية لم يزاوها أحد ولن تتطور الا بعد قرنين . وقبل الوصول الى هذا المفهوم ، المعروض في كتابه الشهير « عائلات النباتات » سنة 1763 ، وضع ادانسون بنفسه العديد من الانظمة : 25 نظاماً قبل أن يبلغ الـ 20 سنة ، وأثناء إقامة طويلة في السنغال (1754-1749) ، وقبل أن ينتهي جدول النباتات الاستوائية بهذا الشكل المسرف ، تحقق ادانسون من عدم جدوى الانظمة . ومع ذلك فقد بدت ممارسة استخدام وضع هذه الانظمة ، مرحلة ضرورية ، ليس فقط على الصعيد العملي بل أيضاً ضمن إطار التطور المنهجي . وقد برر ادانسون نفسه هذه الانظمة ، وذلك بمقدار ما تتيح ، اذا اخذت مجملها ، إبراز التبعية ، وعلاقات السمات . كتب يقول : « إن مجموعها يعطي كل العلاقات الموجودة والملاحظة بين كل أقسام النباتات ، وهي علاقات تكونت منها عائلتنا الـ 58 » . والفكرة الجديدة جداً ، فكرة التصنيف الموضوعي التي سبقت الطرق الالكترونية الحديثة والتي تتعارض مع وجهات نظر جوسيو ، تنطلق من مرحلة الانظمة الشخصية الذاتية .

والواقع أن جوسيو وادانسون ، رغم اختلاف مبادئهما ، قد انضما عملياً لكي يضعا ، في أغلب الاحيان ضد هذه المبادئ تصنيفاً قوياً مركزاً بأن واحد على الحس السليم وعلى معرفة عميقة بالنباتات . من هذه القاعدة انطلق آ . ب . دي كوندول A.P.de Condolle سنة 1805 ور . براون R.Brown سنة 1810 .

وعلى الصعيد النظري لم تكن أعمال جوسيو وادانسون الجميلة جداً الا فشلاً . فالملؤلفان قد لمسا باليد ، وفي أعلى درجات النضج ، الثمرة الشهيرة التي شاهدها يوفون : وهي الطبيعة الجنسية أو النوعية لعلاقات التصنيف . أما هما ، من وراء الستار التصوري للتمثل الارسطي ، فلم يفهماها .

أعمال أخرى - لقد بدا ر . ل . ديفونتين R.L.Desfontaines 1833-1750 ، وهو يتابع تصنيف تورنفور ، متأخراً عن عصره ، ولكنه بعد أن عين سنة 1786 استاذاً في بستان الملك ، أخذ يكون جدول الأعشاب الشهير في المتحف ، وذلك بسحب نسخة عن كل الكتب الخاصة ، وهو عمل ضخم ساهم في تقدم المنهجية . ودرس ديفونتين « تنظيم الوحيدة الفلقة » 1798 . ونشر « تاريخاً للأشجار والشجيرات التي يمكن غرسها في جوام الأرض من تربة فرنسا » .

وفي حين نشر ف . بواسيه دي سوفاج F.Boissier de Sauvages ، سنة 1751 تصنيفاً

للنباتات سنداً للشكل ولترتيب الأوراق ، درس تلميذه آ . غوان A.Gouan التشابه والتفارق بين الحيوانات والنباتات ، وقدم تفسيراً لنظام ليني . وعمق وارث بروتل Brutelle منهجية النباتات الأجنبية وقدم عدة أوصاف لبعض الأنواع . وورد في الكتاب العظيم « التاريخ الطبيعي لنباتة الفريز » 1766 الذي ألفه ن . دوشين N.Duchesne ووصف لاحد اوائل امثلة النقل أو التحول : فراغاريا مونوفيليا ، كما نجد ملاحظات صحيحة حول تغير الأنواع .

وفي ألمانيا اوجد ج . غارتر J.Gartner حقاً علم الثمار وهو يدرس أكثر من 1000 ثمرة في كتابه فروكتي بوس سيميني بوس بلنتاروم 1789 - 1794 . في حين ان ج . بوس G.Bose تولى سنة 1733 الدفاع عن تورنفور ، وجهد ش . نوت C.Knaut ان يغير نظام ريفن Rivin ، الذي اعتمده لودويغ Ludwing ، في حين حاول ج . كرامر G.Kramer ان يوفق بين الطريقتين ، كما نشر غليديتش Gleditsch « نظامه النباتي » . . . (1764) الذي استخدمه آ . ل . دي جوسيو .

نشير ايضاً الى مؤلفين ممتازين : ايقونات بلنتاريوم لـ ش . شميدل C.Schmiedel و« النباتات المختارة » لاهرت d'Ehret . ونذكر أخيراً أن بوركهارد Burekhard بين في كتاب له الى لينيز Leibniz - ظهر سنة 1750 على يد ل . هستر L.Heister - بين قبل ليني Linné ان ترتيب الاسدية والدقة يتبع تصنيف النباتات بسهولة . في حين قام برادلي Bradley في انكلترا بدرس النباتات الذهبية ، كما درس اليس Ellis النباتات الأجنبية . وفي النمسا درس ن . كرانز N.Crantz وج . شريبر J.Schréber و« ميلر S.Miller ، دراسة تفصيلية عدة عائلات نباتية والعديد من أنماط الزهور . واهتم الهولندي آ . فون رون وج . دي وشندورف A.Van Royen et J.de Wachendorff بالطرق التصنيفية . وبدت السويد بفضل ليني وتلاميذه العديدين - وبصورة خاصة ب . ارتيدي P.Arteidi الذي صنف الصيوانيات من أطواقها - وكأنها موطن المنهجية .

أما علم النبات السويسري ، الذي سيطرت عليه شخصية البرير فون هالر Albert Von Haller ، فقد عرف ممثلين عظاماً من أمثال ج . شوزر J.Scheuchzer مؤلف أول كتاب عن علم النبات الأحفوري (هرباريون دي فيانون) (1734) ، وج . كونينج J.Konig وج . جسner J.Gesner الخ . في إيطاليا في حين كان ب . ميشلي P.Micheli يدرس عصيفة النجيليات ، كان سكوبولي Scopoli في كتابه فلورا كاريوليكا 1772 يدرس التغيرات الطارئة على النباتات التي تعيش في وسط المغاور . وانتشر حب البوتانيك في اسبانيا بفضل ش . غومزاورتيجا C. Gomez Ortega والاباتي كافانيل Cavanilles مؤسس حوليات التاريخ الطبيعي ، والذي اهتم جداً بإحصاء النباتات وتعدادها .

النباتات - تمت دراسة نباتات مختلف البلدان الأوروبية بشكل ضخم . في فرنسا درست نباتات منطقة باريس من قبل ج . غتار J.Guettard الذي نشر سنة 1747 كتاباً بعنوان « ملاحظات حول نباتات » منطقة ايتونب وارليان ، وكذلك ب . بوليارد P.Bulhiard الذي نشر عدا عن كتابه نباتات باريس 1774 كتاباً عن اعشاب فرنسا وكتاب « تاريخ النباتات المشبوهة والسامة 1794 » .

والعديد من الكتب الاخرى خصصت لنباتات الاقاليم المختلفة : نانت (بونامي Bonami) ،
لوران (ماركت بوشوز Marquet Buchoz) ، اوفرنيا (ديلاربر Delarbre) ؛ البيرتيه (الاباتي
پوري Pourret) ؛ الدوفني (فيلار Villars) ؛ مونيلييه (غوان Gouan) الخ .

ونشر العديد من كاتالوجات النباتات الوطنية ، في انكلترا من قبل ج . هيل وج . ادوار وج ،
سميث و . و . هدمسون J.E.Smith, W. Hudson, J. Edwards, J. Hill ، الخ . في حين درست
نباتات بلجيكا من قبل غورتر Gorier ونيكر Necker ونباتات المانيا كانت موضوع دراسات أحادية
إقليمية : بروسيا ، مناطق ليبزيغ Leipzig ، وفرانكفورت وينا Iéna وشتوتغارت Stuttgart ،
وبافير Bavière ، وورتمبرغ Wurtemberg ، وهارز Harz ، ودوقية باد الكبرى
Bade ، الخ . . . وبعض الدراسات الشاملة ، مثل دراسة كل من ج . هوفمان G.Hoffmann ،
وبوركهوسن وج . روهر Borkhausen, G.Rohr . وبخلال القرن 18 ظهرت أيضاً دراسات نباتية
أخرى عديدة وطنية أو محلية : النمسا (جاكان Jacquin) ، بوهيميا ، دانمارك (اودر Oeder) ،
السويد (او . سوارتز O.Swartz) ؛ لابوني (ليني Linné) ؛ النروج (غونر Gunner) ، فاهل
Vahl) ؛ ايسلندا وغرونلاند ، وبولونيا (جيلبرت Gilibert) ، روسيا (ب . ديشيزو ،
بوكسوم ، جلين P.Deschizeaux, Buxbaum, Gmelin الخ) ؛ سويسرا (آ . فون . هالر ،
شورز ، ه . ب . دي سوسور A.Von Haller, Scheuchzer, H.B. de Saussure الخ) ؛
ايطاليا (مكوبولي ، ب . ميشلي الخ) اسبانيا (كافانيل ، كري ، مارتيز وغومز أورتيغا-
Cavanil Brotero de les, Quer y Martinez et Gomer Ortega) . برتغال (بروتيرو دي أفيلار
Avelar) .

وهكذا ، وعلى موازاة استغلال الاراضي البعيدة ، تتابع العمل الدقيق في جرد النباتات في
المناطق الاوروبية ، الامر الذي أتاح اغناء علم النباتات بالعديد من التقديمات الاصلية

كريبتوغامي (علم الازهريات) - أخذ هذا العلم ، الذي بقي حتى ذلك الحين مجهولاً ،
يتقدم نوعاً ما ، كما تدل على ذلك كتب النباتات في ذلك العصر ، ودرست نباتات « الفوجير » من قبل
و . سوارتز ، وج . بولتن ، وهدويغ ، وجلين O.Swartz, J. Bolton, Hedwig, Gmelin الخ . أما
«الطحالب» فقد راقبها «الكريبتوغامي» الكبير ج . ديلن J.Dillen (دلينوس) (1747-1687) الذي
ميز ، وهو الأول في هذا ، الأنواع : بريوم ، هيتوم ، سفاغنوم ، ووصف ، عدة مئات من الطحالب
ومن الأنفطار الجديدة . وحورب هدويغ Hedwig من قبل ليني الذي حسب كبسولات (= علييات)
«الطحالب» كما بر معلومة بغبار الطلع ، ولكن الأول وسع معرفتنا بالبريوفيت بواسطة كتابه «فوندا
ماتورم هيتوريا . . .» (1797-1787) . نذكر أيضاً أعمال نيكر Necker ، وبوكسوم Buxbaum ،
الخ .

أما «الطحلب» البحري في الازهرياتك فقد درس من قبل ف . دوناتي V.Donati ؛ ودرس
«الفوقس» من قبل س . جلين S.Gmelin ، وريومور Réaumur الذي حاول ان يعثر فيها على

اعضاء تناسلية ، شبيهة بأعضاء النباتات العليا ومن قبل أليس Ellis ، الذي اهتم « بالمرجانيات » .

ونشر ش . برسون C.Persoon أعمالاً أناسية حول « المورفولوجيا » (علم التشكل) وتصنيف الفطور ، وكذلك ب . بوليار P. Bulliard (1793-1752) ونذكر له « أعشاب فرنسا » وبخاصة « تاريخ الفطور في فرنسا » المزين بلوحات جميلة ، ويصف أعضاء التناسل والتوزع في هذه النباتات . نشر أيضاً إلى كتاب ج بوليت J. Paulet (1775) وبحوث غليدتش Gleditsch حول الحياة الجنسية عند الفطور .

وكانت « الليشن » (خزاز = نبات يعلو الصخور) موضوع دراسات أساسية من قبل السويدي ي . اشاريوس E. Acharius (1819-1757) . وقد قسّم أنواع الليشن Lichen إلى 40 فرعاً ، ووزع عدد الأصناف المعروفة يومئذ فبلغت أكثر من 800 - نشر أيضاً إلى ظهور كتب كبيرة عمومية حول الكريبتوغامي ، يعود الفضل فيها إلى ميشلي Micheli ، وهوفمان Hoffmann ، وديكسن Dickson ، وكولروتر Kolreuter . وقد وسع هذا الأخير « النظام الجنسي » فاشمله أنواع « الكريبتوغام » (النباتات اللازهرية) .

II - أناتوميا وفيزيولوجيا النباتات

التشريح النباتي (آناتوميا) Anatomie - رغم الدرس الجيد الذي لقيه الاناتوميا في المانيا فإنها لم تتقدم كما تقدمت في القرن الماضي . في حوالي 1720 عرض الفيلسوف الألماني ش فون وولف Ch.Von Wolf الأفكار النظرية حول بنية النباتات ، في حين عرض ك . ف . وولف المعلومات الأولى عن نشوء الأعضاء في كتابه « نظرية الخلق » . وقارن انسجة النبتة الصغيرة ، بتجاويف عجيبة الخبز المتخمرة ، وعلم أن الجذع يتألف من استطالة انسجة الاوراق ، وإن القطع الزهرية ليست إلا أوراقاً معدلة . وقد تمت العودة إلى هذه الأفكار التي مرت غير منظورة يومئذ ، بعد 50 سنة ، من قبل غوته Goethe ثم من قبل ميربل Mirbel . ودرس هدويغ Hedwig تزيين الاوعية في الخشب ؛ ودرس دوهامل مونمو Duhamel du Monceau بنية الخشب وتشريح الاجاصة ؛ ودرس ر . برادلي R. Bradley بنية النباتات الزيتية ودرس هـ . ب . سوسور H.B.de Saussure بنية المسام ولا حظ ج . هـ . د . مولدن هور J.H.D.Moldenhawer ، النباتات المحلبة الخ .

الاعمال الأولى حول الاخصاب - في القرن الماضي بين كاميراريوس Camerarius أن النباتات ، كانت كالحیوانات مزودة بأعضاء اخصابية ، وإن الاخصاب ضروري حتى تستطيع البذرات أن تنمو . وهذا المفهوم ، رغم منطقيته ووضوحه ، قسم علماء النبات في القرن الثامن عشر . وكان خصوم الجنسية عند النباتات هم الأكثر عدداً في بادئ الامر ، وفي بعض الاحيان الأكثر شهرة ، فهم قد ضموا تورنفور Tournefort وكرامر Kramer (الذي عالج نظرية الجنسية عند النباتات بأنها غير لائقة ووقحة وكافرة) ، كما ضمت بونتديرا Pontedera وسبالانزاني

Spallanzani ، الذي حقق مع ف. مولر F.Moeller تجارب مفيدة ولكن صعبة حول اختصاب زهورات الحبق وزهورات الكتان والسبانخ ، دون أن يعرف كيف يفسر هذه التجارب بشكل صحيح .
وإذا كان كما يقال (روبرتر Roberts ، 1765) كاميراريوس Camerarius وكولروتر Kolreuter يثلان التاريخين الكبيرين في تاريخ علم الولادة قبل 1766 ، فمن غير المحق مع ذلك عدم إفساح المجال في هذا التاريخ ، وبشكل واسع لاسم ليبي .

إن مساهمة ليبي في هذا المجال لم تكن إلا غير مباشرة . فقد تمحس لفكرة الجنسية النباتية وأسس عليها أشهر نظام تصنيفي ، ثم جاء بعد لينينز يفتح الطريق للاتسابات . ولكنه بشكل خاص أطلق فكرة النظريتين : نظرية خلق الأجناس عن طريق التهجين ، ونظرية التناسل الجنسي المعمم . وبذات الوقت نشر الفيلسوف المادي لامتري La Mettrie كتاب « الإنسان النبتة » (1748) ، وهو كتاب تضمن توميسياً لفكرة تماثل الوظائف الكبرى كالغذاء والتنفس والتوالد بين الحيوان وأكثر النباتات كمالاً .

وقبل ليبي كان هناك بغض الأعمال التي تتناول التهجين أو الجنسية وكلاهما يعزيان إلى ت . فرشيلد Th. Fairchild حول « ذوات العيون » وإلى ريشارد برادي Richard Bradley (1718) ، وإلى ب . ميلر P. Miller (1731) . وتتابع هذه الأعمال ببطء : على يد جاسم لوغان James Logan (1739) ، وج . ج . غليديتش J.G.Gleditsch (1749) . فضلاً عن ذلك يجب أن نذكر بحوث ش . ج . جيوفروا G.J.Geoffroy الذي نشر سنة 1711 ، كتاب اسمه « مذكرة حول بنية وحول استخدام مختلف أقسام الأزهار » حيث ظهرت الأنماط المتنوعة لحبيبات الطلع . ونذكر أن الألماني غليشن Gleichen (روسورم) لاحظ لأول مرة ، في نبتة اسكليبييا أنبوب اللقاح .

ومع النصف الثاني من القرن جاءت الكتب الكبرى مقترنة بأسماء : ج . ج . كولروتر J.G.Kolreuter (1761-1766) وك . ك . سبرنغل C.K.Sprengel (1793) كان كولروتر مؤسس علم التهجين ويعني من المعاني مؤسس التوليد (وهو بشكل خاص صاحب فكرة « قوة المهجن ») ، وفرض الإعجاب بقوة كتابه (500 تهجين مختلف تناول 138 نوعاً ؛ ودراسة حبوب الطلع في 1000 صنف) وكذلك بنوعيته . ومعه ، ولأول مرة حصلت تهجينات بعدد كبير ووصفت بدقة : تهجينات الجيل الأول والجيل الثاني (وهي الأنماط الثلاثة التي وضع مندل نسباتها العددية والتي كانت معروفة) ، ثم التلاقي المتقهقر . ونحن مدينون لهذا المجرّب برفض موثق ومقنع لنظرية سبق التشكل (فقد بدت له هذه النظرية غير متلائمة مع : أولاً الصفة الوسيطة في المهجنات ؛ ثانياً مع ملاحظات التلاقي المتعكس ؛ ثالثاً مع « التناقل » ، أي ما نسميه الارتداد بالتهجين الاستبطاني) ولكن إحدى النتائج الأكثر طروءاً ، والأكثر إزعاجاً في بحوث كولروتر هي تقويته المعتقد بديمومة الأنواع . كان كولروتر تقياً جداً فظن أنه يستطيع مخالفة ليبي وتبيين أن استحداث نوع جديد لا يمكن أن ينتج عن التهجين

وفي أواخر القرن 18 ، في سنة 1793 حدث أمر مهم وبشكل علني بارز ، ذلك هو حدث

البيولوجيا النباتية أو التشريح النباتي . في هذه السنة نشر ك . سيرنغل الكتاب الذي جعله شهيراً « داس اندكتي ... » (أو سر الطبيعة المعلن) وفيه بين أن أغلب الأزهار الخشنة لا تخصب بفعل لقاحها لأن أعضائها الجنسية ليست ناضجة بذات الوقت (ثنائية الأعراس) وقد بين بنفسه أيضاً الدور المهم ، وغير المعروف حتى ذلك الحين ، دور الحشرات في التلقيح وبين كيف أن الأزهار تجلب هذه الحشرات بلونها وعبيرها أو لقاحها . ووصف العلاقات القائمة بين الشكل وبين هوى الحشرات وترتيب الكؤوس والابر في مختلف أنواع الأزهار . وبين أيضاً ولفت النظر الى غزارة الى خفة حبيبات الطلع في الأزهار المخصصة بالهواء . وقد نور عمل سيرنغل تماماً فهمنا للنباتات الأزهارية كما شرح العديد من المسائل التي تطرحها هذه النبات . وقد رجع إليه داروين كثيراً .

وأورد ج . ت . نيدهام J.T.Needham في كتابه « اكتشافات ميكروسكوبية جديدة (1745) العديد من الملاحظات حول حبيبات اللقاح التي رأها تنفجر في الماء فتتشر بحسب رأيه النطف التي لا يمكنها أن تنمو الا فوق المبيض . نذكر أخيراً البحوث الشهيرة للطبيب الايطالي آ . فاليزناري حول التخصيب العجيب ، فوق سطح الماء ، لنبته مائية كانت قد أهديت اليه ، كما نشير الى بحوث Wallerius حول التخصيب الاصطناعي (1752) .

ستيفن هالس Stephen Hales : ودورة النسغ - استلفتت قضايا ثلاث كبيرة أيضاً انتباه العلماء في تلك المرحلة : دورة النسغ ، المبادلات الغازية وحركات النباتات .

وقد درس دوران النسغ من قبل اليسوعي الفرنسي ن . سربات N.Sarrabat (1698-1737) الذي ، من اجل تتبع حركة النسغ في الاوعية ، غرس طرف اغصان في محلول ملون طبيعي باللون الاحمر ، احمر فيتولاكا ، فحقق بالتالي احد أولى الامثلة في التلوين الحي . وقد شاهد ان ارتفاع النسغ يتم فقط عبر الاوعية . ولكن الى ستيفن هالس (1677-1761) بصورة خاصة يعود الفضل في البحوث الاولى حول تصاعد النسغ . وقد اجري هذه البحوث رغبة في تفسيرها فقط بأسباب فيزيائية . وفي كتابه (فجتابل ستاتيكتس 1727) وصف أكثر من 140 تجربة مخصصة لتبين تأثير الحرارة الشمسية على صعود النسغ . وقام بصورة مقارنة كميات الماء التي امتصتها الجذور والكميات التي بخرتها الاوراق . وقارن صعود النسغ وصعود المياه في الاوعية الشعرية . وكان لهذا العمل صدق هائل وسرعان ما ترجم الى عدة لغات ، وبخاصة الى الفرنسية من قبل بوفون (1735) . واستعيدت تجاربه واستكملت من قبل غيتارد Guettard في كتابه « مذكرة حول عرق النباتات غير المحسوس » .

وبنفس الحقبة حاول شارل بوني Charles Bonnet في « بحوث حول استعمال الاوراق » (1754) ان يبين بشكل خاص دور هذه الاوراق في امتصاص المياه ، وذلك بواسطة تجارب لم تكن مع الاسف دائماً مقنعة . وميز دوهامل مونسو Duhamel du Monceau بين « التبخر المحسوس » في حالة خروج الماء بشكل سائل ، والتبخر غير المحسوس عندما يحصل بحالة ابخرة . ولم يجزئ ، ولا بوني أيضاً على التاكيد بوجود نسغ نازل وصاعد . إلا أن فان مارون Van Marun ، مثل العديد من العلماء في تلك الحقبة ، استمر يشبه دوران النسغ بدوران الدم . كما شبه ج . بازين G.Bazin اوعية

النباتات مثل الشرايين في النباتات .

تبادل الغازات - في أواخر القرن 18 ظهرت أولى الأعمال حول المبادلات الغازية بين النباتات والفضاء وذلك بفضل التقدم الرئيسي الذي احرزه لافوازيه في دراسة الوظائف الكيميائية وفي تركيب الهواء . وتدل اوراق الكيميائي إنه اكتشف أن النباتات تأخذ من الهواء ومن الماء ، ومن المملكة شبه المعدنية المواد الضرورية لتركيبها ، في حين أن التخمر والاهتراء والاشتعال تعيد الى الفضاء العناصر التي اخذت منه . واكتشف ج . برستلي ، من جهته ، سنة 1771 بأن النباتات الخضراء لها خاصية انعاش ، في الضوء ، الماء الفاسد بفعل الهواء الثابت الصادر عن تنفسها في الظلام . ومن جهة أخرى اظهر نسبة الهواء غير القابل للتنفس (الهواء الذي حوّل من مادة الحياة) في الفضاء .

ويعود الفضل الى الهولندي جان انجنهوس Jean Ingenhousz في اكتشاف التمثل الخضيري . وفي كتابه : « تجارب حول النباتات » 1779 بين هذا العالم بأن النباتات الخضراء تفرز الاوكسيجين في النهار أثناء الضوء وتفرز كربونيك في الليل اثناء الظلام .

وتبين ان هاتين الظاهرتين المختلفتين متعلقان فقط بالاضاءة . فضلاً عن ذلك ، وبعد الارتكاز على بحوث لافوازيه استطاع أن يبين أن النباتات تستمد كل الكاربون اللازم لها من الغاز كاربونيك الفضائي (1798) .

ونوقشت هذه النتائج من قبل جان سنييه J.Senebier الذي بين « مذكرات فيزيكو شيميك حول تأثير الضوء الشمسي » (1782) وفي عدة أعمال لاحقة (1783-1784) ان الاسيد كاربونيك ، لم يكن مستمداً من الفضاء فقط ، بل أيضاً من الماء ، بحالة الذوبان ، وإنه تمتصه بالتالي الجذور ، فيصل الى الاوراق حيث يتم تفكيكه بتأثير الشمس ، فيتححر قسم منه في الفضاء ، وقسم آخر ، ثابت ، يستخدم لصنع مواد مكرّبة تلحظ في النباتات .

هذه الافكار ، التي وردت موسعة في « فيزيولوجيا النباتات » (1800) اكملها تيودور سوسور Théodore de Saussure كما سنها في المجلد التالي .

من الناحية المنطقية ، كان من المفترض أن تؤدي هذه النتائج الى تقدم كبير بمعارفنا حول تغذية النباتات . في هذه الأثناء استمر بازان في تشبيه عتق النباتات بمعدة الحيوانات . وكان ب . مرابات P.Sarrabat يؤمن ان الالياف الخيطية Ligneuses المجتمعة في هذه النقطة « كان تحضن العصارة الموجودة فتعطيها شكلاً ثانياً شبيهاً نوعاً ما بالشكل الذي يأخذه الغذاء في المعدة » . فضلاً عن ذلك أن الكيمياء النباتية لم تكن إلا في بداياتها . وعلى كل نذكر « في الكيمياء النباتية » 1786 ل . ش . ريش C.Riche وخاصة « الرسائل الفلسفية حول تكون الأملاح والبلورات » (1729) ل . بورغي L.Bourguet ، وكذلك أعمال فالريوس Wallerius مؤسس الكيمياء الزراعية .

حركات النباتات - درس الفيزيولوجيون أيضاً حركات النباتات ، وخاصة حركات الاوراق والازهار . وغرس لينيني في اويسال « ساعة نباتية » مشكلة من ازهار تتفتح وتغلق في مختلف ساعات

اليوم ، وكرس عمليين لـ « سومنوس بلانتاروم » ولـ « كالاندروم فلورا » . وبين سنييه ان الاضواء قد تقلب أوقات اليقظة والنوم عند أوراق القرنيات . ودرس دوهامل دي مونسو حركة أوراق شجرة « المستحية الحساسة » ، ودرس ج . ف جلين حركات الـ « هيديساروم » . ودرس دال كوفولو Dal Covolo ، أسدية البربريسيات ؛ ودرس ادانسون ، حركات الطحلب « الخزاز » الخ .

فضلاً عن ذلك ، درس ب وليمه P.Willemet سلوك النباتات المصفرة ، ودرس ج . استروك تقويم النباتات المنحنية ؛ وستاركن ، الاعشاب العشاقية « المعريشة » ؛ ودرس بوفون ودوهامل دومونسو ، قوة تكسر الخشب ، وتربطه Imbibition ، في حين نشر كورتي عملاً ملحوظاً حول حركة السيتوبلاسم داخل خلايا « الشار» فاكشف بالتالي الدورانية . ودرس الاباتي برتولون Bertholon وهو الأول ، مفعول الكهرباء على النباتات (1783) .

الكتب العامة - ونشرت كتب عديدة جداً حول علم النبات في القرن 18 . نذكر أولاً « محاولات أولية حول علم النبات » (1771) و« رسائل حول علم النباتات » (1793-1795) لـ ج . ج . رومر J.J.Rousseau التي أثارت تغييراً كبيراً في الرأي العام تجاه « العلم المحجب » ؛ و« البيانات الأولية في علم النبات » لـ كلاري دي لاتورت حولها جيلبرت Gilibert وروزيه Rozier ، الى موسوعة حقبة مزينة بالعديد من اللوحات (1788) . زيادة على « المتسا بوتانيكا » لنيكر Necker ، و« القاموس الاولي في البوتانيك » لـ بوليار Bulliard ، و« نظريات فيزيولوجية حول التنظيم النباتي والحيوان » لـ « ميتيري Métherie » و« بيبليوتيكا بوتانيكا » لـ « سيفيه Séguier » ، ونذكر « القاموس » و« درس البوتانيك » للراهب البندكتي ن . جوليكرك N.Jolyclerc . ومن بين العديد من الدراسات التي صدرت في المانيا ، ذهب الى الرسومات المدهشة للنباتات والحشرات لـ م . مريان M.Merian في « كتاب النباتات الجديد » . وفي أنكلترا نشر بريان ، وبولتيي وهيل Bryant, Pul-teney et Hill ، النظام النباتي في 13 مجلداً مزينة بأكثر من ألف لوحة وفي سويسرا أسس ج . رومر J.Roemer « ماغزين فور دي بوتانيكا » (1791-1787) ، خلفتها فيما بعد « نيوز ماغازين » بعد 1794 .

III - علم النبات التطبيقي

اغرونوميا - رغم أن علم الزراعة (اغرونوميا) هو خارج نطاق موضوعنا ، يتوجب ان نذكر العديد من الكتب المهمة لـ : هنري لويس دوهامل دو مونسو Henri-Luis (1782-1700) Duhamel du Monceau ، الذي يعتبر كتابه « فيزياء الاشجار » (1758) ، معالجة حقبة للتشريح وللفيزيولوجيا النباتيين ، وكتاب آ . توين A. Thouin (1824-1747) و« بما تبعاً ناظر البساتنة في بستان الملك واستاذ الزراعة في الميزيوم . نذكر أخيراً أن بارمانتيه ادخل زراعة البطاطا الى فرنسا ، بعد أن توصل الى جعل لويس 16 يظهر في البلاط وهو يحمل زهرة هذه النبتة في عروته .

علم النبات الطبي - وجدت بحوث استعمال النباتات في الطب حداً لها في ضعف درجة تقدم الكيمياء . في فرنسا ، لم تنشر « محاضرات في المادة الطبية » لـ آ . دي جوسيو A.de Jussieu الا في سنة 1722 ، وكتاب شومل Chomel لم يظهر إلا بعد وفاته سنة 1761 . نذكر أيضاً « النباتي الفرنسي » (1767) لـ ج . باربو دو بورغ J.Barbeau du Bourg ، ومحاضرات ي . ف جيوفروا ، المستكملة من قبل ب . دي جوسيو ، ودزاسة آ . غوان A.Gouan ودراسة جيلبرت ، وكذلك مجموعة النباتات الاستعمالية لـ غوتييه داغوتي Gautier d'Agoty . وفي ألمانيا نشرت مؤلفات كثيرة في الكيمياء الطبية ، منها مؤلفات ف . كارتوزر F.Cartheuser الذي حاول أن يصنف ، ضمن «كفشات » العناصر الأساسية التي يمكن استخراجها من النباتات» ثم «أيقونات بلاتاروم مديسينالوم» لـ بلنك Plenk وزورن Zorn . وكذلك كان الحال في انكلترا وهولندا وإيطاليا وأخيراً في السويد حيث نشر ليبي ، سنة 1749 «ماترياً مديكاي رنيو فجتابل » .

البساتين النباتية - ظلت « بساتين النبات » تلعب دوراً مهماً جداً . فقد أتاحَت تزيين الغديد من الأعمال المفيدة جد بالنسبة الى تقدم البستنة ، مثلاً «وصف النباتات الجديدة المعروفة قليلاً والمغروسة في بستان ج . م . سلس J.M.Cels» لـ ب . فانتيان P. Ventenat و«بستان ماليزون » كتاب رائع وضع بايعاز من الامبراطورة جوزفين سنة 1803 .

وعدا عن كتالوغ لبستان خاص نشر من قبل ب هاريسون P.Hérissant (1771) و« كتالوغ بستان الصيادلة » ظهرت لوائح عديدة بنباتات زرعت في بساتين الأرياف . كما ألفت نباتات اجنية عديدة في بساتين البحرية الفرنسية في تولون وفي برست . وقد ضم مشتل رويل Roule ، الذي أسس سنة 1669 أكثر من 50 ألف نبتة جمعها علماء النبات الرحالون ، بحيث تم تعريف الجمهور بعدد كبير من النباتات الاجنية .

وفي انكلترا تم في سنة 1759 تأسيس البستان الشهير بستان كيو Kew حيث نجح و . ايتون W.Aiton في غرس نباتات لم يكن بالامكان حتى ذلك الحين إتماؤها في أوروبا . وبمساعدة من سولندر ودريندر Solander et Dryander ، أخرج منها سنة 1789 كتالوغاً أكثر كمالاً من كتالوغ سيرجون هيل John Hill الذي سبق نشره . ونشر ب . ميلر P.Miller كتالوغاً لبستان الصيادلة في شلسي . ومعجماً للنباتين حسن التزيين بالصور .

وفي ألمانيا عدا عن كتالوغ بساتين نباتات التدورف ، وفرنكفورت وغوتنجن ، الخ نذكر كتب س . كرر S.Kerner وهو ملون باليد تلويهاً رائعاً . واستعملت عبقرية د . اهرت D.Ehret ، وهو رسام رائع للنباتات المغروسة ، من قبل ليبي ليصور رسوم « هوسلوس كليفورث تيانوس » ، كما استعملت من قبل ب . جوسيو B.de Jussieu لتمثيل نباتات بستان الملك ، ومن قبل ترو ووفوجل Trew et Vogel من أجل « بلاتنا سلكتا » (1760-1750) الخ .

وفي النمسا نشر ج . جاكين J.Jacquini عدة كتب مزينة بالرسوم الرائعة حول بساتين - فينا .

وفي هولندا ساعد هـ . بورهاف H.Boerhaave في نشر الميل الى المنشورات الجميلة الغنية بالصور : وفي السويد نشر ليني Linné كتالوغ بستان نباتات أيسال Upsal ، في حين استمرت في إيطاليا كتالوغات البساتين تنشر بأعداد كبيرة وخاصة كتالوغات بيزا وفلورنسا وبادو وبولونيا ، الخ .

وأسس أول بستان نباتي أميركي في سنة 1784 من قبل م . ج . جان دي كسريف كور M.G.Jean de Crèvecœur ، قنصل فرنسا في نيويورك وفي سنة 1786 أسس آ . ميشو A. Michaux بستانين الأول قرب نيويورك والثاني في كارولينا الجنوبية .

وأرسل قسم من البذور المتوفرة إلى باريس ، ووزعت بين بستان الملك والمشاتل الأخرى في الجوار .

IV - النباتات الجديدة على أوروبا

الاكتشافات النباتية - إن دراسة النباتات الأجنبية تقدمت تقدماً كبيراً في القرن الثامن عشر وخاصة في فرنسا ، حيث حصل البحارة ورجال الدين ، بدعم من طبيب لويس الخامس عشر ، ل . ج . مونييه L.G.Le Monnier مبالغ مهمة أتاحت لهم سبر البلدان البعيدة .

واستقبلت أميركا الشمالية زيارة م . سارازان M.Sarrazin الذي نزل في سنة 1685 في كندا حيث أقام 45 سنة - حيث اكتشف فيها نبتة ماراسانيا التي قدمها إليه تورنفور Toumefort - ثم ب . شارل فوا P.Charlevoix الذي نشر ، سنة 1744 «وصفاً للنباتات الرئيسية في أميركا الاعتدالية (إعتدال الربيع : الخريف)» ولكن آل ميشو Michaux هم الذين عرّفوا بنباتات أميركا الشمالية . فقد أقام اندري ميشو (1746-1803) فيها من سنة 1785 إلى سنة 1796 ، مكتشفاً كارولينا وفلوريدا وبنسلفانيا وميري لاند وكندا ونشر «تاريخ السنديان» (1801) ثم «فلورا بوريال أميريكانا» ، وقد زينها ردوتي الذي وصف 1700 نبتة منها 40 نوعاً جديداً . وابنه فرنسو اندري François-André ، الذي رافقه من سنة 1785 إلى 1790 عاد إلى أميركا سنة 1801 ، ثم من 1806 إلى 1809 . ونشر وصفاً لرحلة وعدة كتب حول اشجار أميركا .

أما الكشاف الانكليزي مارك كاتسبي Mark Catesby فقد زار بين 1712 إلى 1719 ، كارولينا وفرجينيا وفلوريدا وجزر البهاما ونشر دراسة حول التاريخ الطبيعي لكارولينا . ونشر أخو العالم النباتي شيرار Sherard ، سنة 1767 ، كتابه «هورتو بريتانو أميركانو» متضمناً وصف 85 شجرة من أميركا يمكن أن تزرع في انكلترا . وحصل ج . كليتون J.Clayton من فرجينيا على مجموعة مهمة من النباتات التي وصفها ف . غرونوفويس F. Gronovius (1743) . وصحح ب . براون P.Browne وصفات عدة أنواع من ب . بلومييه P.Plumier ووضع صفات جديدة . وشهد آخر القرن الثامن عشر صدور كتب أخرى مخصصة للبوتانيك في أميركا الشمالية وخاصة كتب و . هووستن

W. Houston ، وت . ولتر Th. Walter وس . برتون S. Barton ومديكوس Medicus .

ودرس نباتات أميركا الجنوبية من قبل ب . فويه P.Feuillée (1732-1660) الذي اكتشف نباتات الأنتيل وشاطئ كاركاس ، من سنة 1703 الى 1706 ، ثم مع المهندس فريزيه Frézier ، درس نباتات الشيلي Chili والبيرو Pérou . وأشارت دراسته الى النباتات الطبية في الشيلي وفي البرو الى عدة نباتات جديدة مثل الفكسية . ومن جهته نشر فريزيه سنة 1716 كتابه « رحلة الى بحار الجنوب » . وقام بالكشف على أخطار اسبانيا الاميركية الجنوبية ج . دومبي J. Dombey (1794-1742) مكلفاً بمهمة علمية من قبل تورغو ، وقد اصطدم بعداء السلطات الاسبانية التي صادرت قسماً من عاصيله . وقد سجن في مونت سرات حيث توفي سنة 1794 . وتضمن بيانه النباتي 1500 نبتة (منها أكثر من 60 نبتة جديدة) وأوصل ، رغم ذلك الى متحف باريس . وكان علماء النبات الأسبان ، رويرويافون Ruiz et pavon اللذان رافقاه في رحلته الأولى قد نشرنا كتاباً عن نباتات البيرو والشيلي في اربع مجلدات (1798-1802) ، وفيه استعمالاً تصنيفاً مختلفاً .

وقد درست نباتات أمريكا الجنوبية أيضاً من قبل جوزيف جوسيو Joseph de Jussieu الذي ذهب سنة 1735 مع بعثة الكوندامين وأقام في البيرو لمدة 35 سنة . وقد بيع المتحف الرائع الاجنبي الذي شكله الصيدلي الانكليزي يتيفر الى سلوان Sloane وأودع في المتحف البريطاني . وزيادة على كاتالوغ هذه المجموعة (عشرة فروع ، 1692-1703) نشر بتيفر كتاباً بعنوان « غازوفيلاسيوم » وفيه وصف القرنيات في أمريكا ونشر كتاباً عن نباتات البيرو . وفي أواخر القرن الثامن عشر نشر السويدي وسوارتز O.Swartz والنرويجي آ . فاهل A.Vahel والاسباني ج . س . موتيس J.C.Mutis عدة كتب حول المزروعات الأمريكية .

وقد تم اكتشاف نباتات جزر الأنتيل من قبل العالم النباتي الانكليزي هنر سلوان Hans Sloane (1753-1660) الذي جمع 800 نبتة ضمنها مجلدين (لندن 1707-1725) . ونشر سلوان الذي خلف نيوتن كرئيس في الجمعية الملكية ، دراسات عن الأشجار الاقاوية . وترك مخطبره الغني بالتاريخ الطبيعي لصيادلة آل شيلسي Chelsea .

ونشر الأب ج . ب . لابات P.J.B. Labat الذي أقام طيلة 7 سنوات في المارتينيك وفي سان دومنغ ، نشر 1722 وصفاً لرحلة من 6 مجلدات . ودرس الانكليزي ج . هيوز G.Hughes نباتات باربادا (1750) والهولندي ج . جاكين J.Jacquin نباتات جزر الكارايب (1760) وأدخل هذا الأخير ، في خيمات شون برون Schoenbrunn عدة نباتات وحيوانات أمريكية . ودرست نباتات غويانا Guyane من قبل ب . بارير P.Barrère وكان نباتي الملك ، وأقام في غويانا ، سنة 1722 ، ومن قبل بري فونتين Préfontaine ومن قبل ب . فوزي أوبلي P.Fusée-Aublet الذي أشار الى 800 نبتة نصفها جديد . وقام بزيارة غويانا ش . شونيني دي مانون كور Ch.Sonnini de (1812-1751) Manoncourt الذي استعملت مذكرته من قبل بوفون . ويفضل دعم هذا الأخير تمكن من زيارة

شاطيء المتوسط الشرقي ، فضلاً عن مذكراته عن الرحلات ، ترك دراسات حول الفستق والاسكليبياد . وقد زار أيضاً كلود ريشار Claude Richard جزر الانتيل وغويانا والبرازيل ، وعاد منها إلى فرنسا بمجموعة من ثلاثة آلاف نبتة .

وبدا إكتشاف نباتات أفريقيا ، بشكل جدي بفضل أعمال عدة نباتيين فرنسيين . فقدم ميشال أدانسون وهو أبن 22 سنة إلى السنغال ككاتب لشركة الهند وأقام فيها من 1749 إلى 1754 . وجمع منها مواد كتابه الشهير : « التاريخ الطبيعي للسنغال » (1757) ودرس بصورة خاصة شجرة البالوباب والأشجار ذات المطاط .

ونجح الليوني بيار بوافر Pierre Poivre أن ينقل من جزر الملوك ، لكي يدخلها في جزر فرنسا والبوربون ، نباتات افافيه كان الهولنديون يمنعون تصديرها . وزار أيضاً مدغشقر والفلبين ، وكان ينشئ حيث يقيم بساتين فخمة .

وفيما كان آ لبيبي A.Lippi (1704) وسونيني دي مانسون Soncini de Man (1799) oncourt يقدمان وصفاً لنباتات مصر ، قامت بعثة جين هوتو J. Houtou دولا بياردير سنة (1786) بالتمكين من نشر دراسة حول نباتات سورية . وكانت النباتات الستمائة ومنها مشان جديدة ، قد جمعت من نوميديا وسوريا ومصر من قبل الانكليزي ت . شو T.Shaw ، وضعت عند شيرار . أما وصف الرحلة فقد نشر سنة 1738 بمجموعة ديلينوس Dillenius . ودرست نباتات تركية من قبل بوكسبوم Buxbaum من (1728 إلى 1740) ونباتات اليونان من قبل ج . سيب ثورب J. Sibthorp . أستاذ في إكسفرود . والعشبية المهمة المحصلة من مصر والشرق الأدنى من قبل السويدي ب فورسكار P. Forsskal ، نشرت سنة 1775 . أما الحصىلة التي توفرت من فلسطين على يد ف. هاسلكيست F. Hasselquist (1722-1752) نشرت من قبل ليني . أما نباتات بلاد البربر (تونس والجزائر والأطلس) فقد درسها أ . هبنستريت E.Hebenstriet (1731) وكذلك أيضاً ج . بورمان J. Burman (1738) ، الخ ، وبخاصة من قبل ر. ل. ديفونتين R.L. Desfontaines الذي جمع ، من 1783 إلى 1785 ، مواد كتابه « فلورا اطلنتيكا » وفيه وصف 1520 نوعاً منها 300 نوع جديد . نشر أيضاً الى كتاب فلوريا أوربونتاليس لراوولف Rauwolff الذي نشر سنة 1755 من قبل غرونوفوس Gronovius ، والمعلومات الثمينة التي قدستها قصة رحلة الى الشرق قام بها الايطالي ج. ماريتي J.Mariti (9 مجلدات ، 1769-1776) . وكذلك رواية الفرنسي لاروك La Roque (1761) الذي وصف شجرة البن . وهناك أيضاً تقارير مفيدة عن رحلات قام بها ب. سونرات P. Sonnerat الذي ذهب مع بوافر Poivre ، سنة 1768 الى جزيرة فرنسا ، ثم زار بوربون ومدغشقر وجزر سيشل حيث راقب الأريترو كزبلون كوكا ؛ كما كشف أيضاً مانيتا والفلبين . أما نباتات رأس الرجاء الصالح فقد درست من قبل السويديين جين برجيس J.Bergius 1767 وب. تنبرغ (1772-1775) P. Thunberg والانكليزي ف. ماسون F.Masson (1772) . وذهب السويدي آ. سبرمن الى الصين سنة 1765 ، ثم انضم فيها بعد الى بعثة الكابتن كوك Cook حيث التقى ، فورستر Forster

وتنبرغ Thunberg ، ثم قام برحلة الى أفريقيا الجنوبية وقدم عنها مذكرة في سنة 1787 .

ودرس نباتات الهند الشرقية من قبل الألماني م . ب . فالتيني M.B.Valentini ، والهولندي ف . فالتين F. Valentyn . والانكليزي ك . ميلن C.Milne . ودومس جين بورمن J.Burman نباتات سيلان وأمبوان ومالابار وأمريكا ، سبداً لتعشيات جمعها العديد من المسافرين . أما نباتات الهند فقد درست من قبل إبنه ن . بورمن 1766 N. Burman واستكملت من قبل جوهان جي كونيغ Johann G. Koenig الذي قام أيضاً بالكشف على هندوستان . وأرسل السويدي اوتورن O.Torén الذي زار جزر القمر وشبه جزيرة ملكا وكانتون ، الى ليني Linné ملاحظاته التي نشرت سنة 1757 . ودرس الداغركي روتبول Rottboll نباتات سورينام . ودرس اليسوعي البرتغالي ج . دي لوريو J. de Loureiro نباتات كمبوديا ومالابار وموزنبيق ونشر كتاباً عن نباتات كوشن شين Cochinchine (1790) . واكتشفت نباتات جافا من قبل رادر ماسر ونباتات الصين من قبل اليسوعي الفرنسي ن . شيرون N. Chéron الملقب أنكارفيل (1706-1757) الذي وجه الى ب . جوميسو B. de Jus sieu معشبة من 300 نبتة ، لم تدرس مع الاسف إلا سنة 1881 . ورغم أن العديد من اكتشافاته بقيت مجهولة لمدة طويلة ، فاليه يعود الفضل في إدخال الإيلانت ، والسدريلالا والانكارفيل الخ . ويعزى اليه أحياناً خطأ ، اكتشاف الرين مرغاريت Marguerite ، التي سبق ووصفها ديلينيوس Dillenius سنة 1732 . أما نباتات اليابان فقد درسها تمبرغ Thunberg وب شارل فوا P.Charlevoix ، أما نباتات هولندا الجديدة فدرسها فيل Fenyl وسكوت Schott .

البعثات الكبرى - وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر نفذت بعثات وحملات كبرى كثيرة ، كانت نتائجها مهمة بالنسبة الى علم النبات .

في فرنسا نظمت البحرية العسكرية الفرنسية بعثة الى الاراضي الجنوبية القطبية تحت قيادة بوغنفيل Bougainville . وقد وضع ب . كومرسون P. Commerson بهذه المناسبة ، ومن اجل الجامعيين ، تعليمات اتخذت لمدة طويلة كنموذج . وذهب بوغنفيل سنة 1767 على ظهر الفرقاطة لتوال، ورمى مرساته في البرازيل وفي أرض النار ، ثم اجتاز مضيق ماجلان وزار تاهيتي وغينيا الجديدة واستراليا وبتافيا ، وكان يجمع اثناء سيره العديد من النباتات . وجمع أخيراً مجموعة مهمة من الاعشاب في جزيرة فرنسا وفي مدغشقر وفي جزيرة بوربون حيث مات سنة 1773 . وكانت حصائله ، ورسومه للانواع الجديدة قد استخدمت من قبل آ . ل . جوميسو ولامارك . أما البعثة التي نظمت بقيادة انتركاستو بحثاً عن البروز ، فقد حملت معها عدة علماء طبيعيين منهم فنتينا ولابياردير .

وزارت هذه البعثة جزر الكناري وبحر الهند واستراليا وتسمانيا وكاليدونيا الجديدة وجزر الملوك الخ ونشر لابياردير سنة 1798 تقريره عن رحلته ثم العديد من الدراسات المهمة جداً عن النباتات التي حصل عليها .

وفي بريطانيا كانت الرحلات الشهيرة للكابتن جامس كوك (1778-1779) التي نظمها الاميرالية الانكليزية ، موضوع تقرير شهير . ومن بين النباتين الذين كانوا في هذه الرحلات يجب ذكر

جوزف بنكس Joseph Banks (1743-1820) بالدرجة الاولى الذي كرس ثروته لدراسة النباتات الاجنية ، فزار منذ (1763) لابرادور والارض الجديدة . وحصل على موافقة في المشاركة ، مع د . سولندر D.Solander في بعثة الكابتن كوك Cook التي انطلقت سنة 1768 فزارت جزر الكناري وجزر الراس الاخضر ، والبرازيل وأرض النار وهولندا الجديدة ، واريخيلات المحيط الباسيفيكي وغينيا الجديدة ، وعاد مشططاً عند شواطئ افريقيا ، فاجتاز رأس الرجاء الصالح . وجهاز بانكس سفينة زار بها شواطئ اسكتلندا وايسلندا ، ولما عاد الى لندن وأصبح رئيساً للجمعية الملكية ، أفاد من مجموعاته العديد من النباتيين .

وشارك الألماني جوهان ر . فورستر Johann R. Forster وابنه جورج في الرحلة الثانية للكابتن كوك على ظهر السفينة لارزولوفسيون . ودارت البعثة حول رأس الرجاء الصالح ووصلت الى زيلندا الجديدة وإلى جزر « الشركة » وجزر « الاصدقاء » وبحار الجنوب ، واكتشفت كالدونيا الجديدة وعادت الى انكلترا سنة 1775 . وفي حين وصف ج . ر . فورستر 75 نوعاً جديداً من النباتات ، أكمل ابنه بعضاً من هذه الاوصاف ونشر دراسات حول « شجرة الخبز » في جزيرة « الاصدقاء » ، وحول النباتات الطبية في الجزر الجنوبية ، وكذلك وضع تقريراً عن رحلته (1777) . وكتبت صحيفة هذه الرحلة الثانية من قبل ج . ك لينسون J.C. Lettsonn الذي قدم ايضاً دراسة عن شجرة الشاي .

ويفضل هذه الرحلات العديدة والبعثات المتنوعة والحملات ، أحرزت معرفة النباتات الأجنبية تقدماً كبيراً ، ساعد كما سبق وذكرنا ، في نهضة التصنيف وفي وضع أسس عامة للبيولوجيا .

الفصل السادس : علوم الأرض

في القرن الثامن عشر وهو قرن الانعتاق كإن على الطبيعيين الذين يدرسون الأرض أن يحسبوا حساباً دائماً لما ورد في الكتاب المقدس ، والطوفان تحت طائلة هجوم الكنيسة الحاد . والبعض منهم لم يزر علوم الأرض الناشئة الا كوسيلة لاثبات حقانية الكتاب المقدس ، فكان العديد من العلماء يتدبرون أمرهم لإظهار تقيدهم بالتحاليم في بعض مقاطع من نشراتهم . ولكن البعض كان يتابع أفكاره الى أبعد من ذلك . وكان لنشر الأنسيكلوبيديا والثورة الفرنسية سنة 1789 فضل تقديم الانعتاق .

ودرست علوم الأرض في كل أوروبا ومن كل البلدان جاءت المعلومات والاعمال المتوازية ، التي سوف يشكل مجموعها كياناً من العقيدة معداً ليكون موضع عمل في القرن التاسع عشر .

وتجلب الإشارة الخاصة الى بوفون Buffon الذي ادخل علوم الأرض (وكل العلوم الطبيعية) في الادب المعد ليقدّم لجمهور واسع من المثقفين وليس فقط لبعض المتخصصين .

وبعد أن نستعرض مختلف المدارس سوف ننظر الى التقدم الواسع الملم والناسخ : كمية من المعلومات ، ونظريتان كبيرتان سوف تتحاربان : نبتونية ورنر Werner وبلوتونية هوتن Hutton والمشاهدات الأولى عن بنية اديم الأرض (انكلترا وبلجيكا وسويسرا) ومعطيات متينة عن الاحاث : (علم يبحث في أشكال الحياة في العصور الجيولوجية الأولى) الاحاث الستراتيغرافية (الطبقاتية الأرضية) ، إحاث أفضل من جراء ابتكار منهجية ، ونظرات جريئة حول تطوّر الانواع ، والنهضة السريعة لعلم المعادن (مع هاوي Haüy) ومعلومات إحاث جغرافية (باليوجيوغرافي) .

وفي أواخر القرن 18 ، لم يكن قد قُدم اي حل ولكن وضعت خمس معطيات للمسألة : دور المتحجرات في التأريخية النسبية ، الفروع الثانوية الستراتيغرافية ، دور التشققية في التمزقات ، التواتية الرقمية ، وأصل الغرائث .

I - الجيولوجيا

المدرسة الايطالية - في سنة 1711 درس غاليزي Galeazzi المتحجرات في جبل سان لوقا قرب

بولونيا، وعرف أن هذه الصدقات لا تشبه في شيء صدقات البحر الأبيض المتوسط وأنها لا بد وأن تكون قد أتت من المحيط الهندي، مبيناً بالتالي أهمية مقارنة الحيوانات القديمة بالحيوانات الحالية.

وبعد عشر سنوات استعرض فاليزنياري Vallisnieri جيولوجية إيطاليا كلها، ورسم الأوضاع العامة للرسوبات البحرية، في فريول وفيستين، في فيروني وبولونيا، في توسكانا وجبال الابينين. واستنتج أن البحر كان قد أقام فيها طويلاً وأن هذا الظرف كان مستقلاً تماماً عن الطوفان. وأخيراً وصف جبل بولكا المشهور باسمه التحجرة.

وفي سنة 1740 نشر انطونو لازارو مورو Anton-Lazzaro كتابه «كروستاسي أديكلي» وقد كان المؤلف قد لُقِّت بولادة جزيرة قطرها 500 متراً وارتفاعها 8 أمتار، في سنة 1707، في خليج سونتورين، على أثر ظاهرات بركانية وهزات أرضية. وتعميماً من هذه الملاحظة اسند مورو الى تأثير البراكين والهزات الأرضية كل الترسيبات وكل الانقلابات. وفي حين أصبحت مياه البحر أكثر فأكثر ملوحة بسبب التصاعدات البركانية، كانت رمادات البراكين تترسب في قاع البحر ثم ترتفع فيما بعد بفعل الهزات الأرضية.

ولاقَت هذه النظرية نجاحاً كبيراً، خاصة عندما قام الاخ كرم جنرلي Carme Generelli بعرضها وشرحها أمام الأكاديمية كرمونا سنة 1749 (سنة صدور أول طبعة من كتاب بوفون). ومن المهم أن نشير الى أنه بعد هذه الحقبة حاول علماء الطبيعة أن يفسروا الظاهرات القديمة بظاهرات جارية ومن جهته قسم ج. اردينو G. Arduino اراضي فيستين وفيرونا الى بدائيات (ثشت ميكسي)، وثانوية (كلسيات متحجرة) وثالثية (قليلة الارتفاع، طرية مع متحجرات في جبل بولكا) وبركانية. وفي سنة 1759 أكمل بيراعة أعمال ستينون Sténon حول توسكانا Toscana.

وقد جذبت المتحجرات الصغرى أيضاً انتباه علماء الطبيعة الإيطاليين. وعلى هذا وصف بكاري Beccari سنة 1729، المنخربات وقد لقبها لينني Linné نوتيلوس بكاري (وهي روتاليا). وبعد 10 سنوات أعلن ج. بيانكي G. Bianchi (= ج. بلونكوس J. Plancus) أنه عثر على شواطئ ريميني Rimini ما يعادل القرن الصغير لامون المتحجر Ammon Fossile. وفيها بعد وصف سولداني Sol-dani العدد الكبير من هذه الصدفيات الحية والمتحجرة، وبين أيضاً فائدتها. وانهى القرن «بالايكتولوجيا الفيرونية» (المسكة الفيرونية) لسرافينو فولتا Serafino Volta، الذي وصف 123 نوعاً من الاسماك المتحجرة في لاسترارا قرب جبل بولكا. من هذه الانواع الـ 123، رأى المؤلف أن 12 نوعاً منها غير معروف في كتلة الحيوانات الحية.

وفي نصف القرن 18 نشر ترجيوني Targioni كتابه «رحلات الى توسكانا» (1751-1752)، فوصف جيولوجيا هذه المنطقة التي كان قد نظر فيها دون أن يصفها ستينون 60 سنة من قبل. وقد حارب الرأي الذي تقدم به بوفون من أن الوديان سببتها التيارات البحرية، وعزاها ترجيوني الى فعل الانهار التي اجتازت حواجز البحيرات بعد أن تراجعت البحار.

المدرسة السويسرية - ولد جوهان جاكوب شوزر Johann Jacob Scheuchzer (1733-1672) في زوريخ ، ولم ينفك ينشر طيلة 50 سنة تقريباً معلوماته عن بلد يعرفه بصورة كاملة . وفي كتابه ييسوم كبريلا (1708) ، تكلم باسم الأسماك المتحجرة التي كانت ضحايا الطوفان ، كما تكلم عن جهل وظلم الناس الذين يرفضون الاعتراف لها بأنها اجداد الأسماك الحاضرة ويعتبرونها من مستوى الأحجار الجامدة .. والكتاب مزين بلوحات جميلة تمثل أسماكاً متحجرة من ألمانيا ومن إيطاليا .

في السنة التالية ، ظهر «ارباريوم دبلو فانم» مجموعة من النباتات المتحجرة (صورة 38) ، حيث تظهر بصمات من انكلترا وسويسرا وإيطاليا ، وكذلك متحجرات أخرى ، بعضها أجزاء من أمونيت (متحجرات من العهد الثاني) بحواجزها التي تشبه ، كما يقول المؤلف ، بصمات من أوراق ، ولكنها في الواقع خطوط التحام ، أو انفصال بين غتلف الحجرات » (صورة 39) . يذكر شوزر Scheuchzer ان مظهر الصنوبريات في طبقات الفحم يثبت ظاهراً أن الطرفان قد حدث في شهر أيار . . .

وفي سنة 1716 نشر شوزر Scheuchzer كاتالوغ مجموعته الذي تضمن ، من النبات إلى الثدييات ، 1500 قطعة منها 528 من سويسرا . أما الأمونيات الموصوفة فمصنفة ضمن فئتين ، بحسب ما إذا كانت

شوكية أو غير شوكية وتقسم كل فئة بدورها إلى ملساء أو مخددة ، ذات محيط مضغوط أو غير مضغوط ، ذات أخاديد بسيطة ، متفرعة ثنائياً أو ثلاثياً . أنها أول محاولة جدية لتصنيف « قرون أمون » .

ولاحظ جوهان غسner Johann Gesner الذي أكمل عمل شوزر ان البقايا المتحجرة للشوكيات تنكسر دائماً مثبتة صفحات بلور كربونات الكلس . والفرنسي لويس بورجي Louis Bourget الذي عاش في نيوشاتل هو صاحب « كتاب المتحجرات » (1742) .

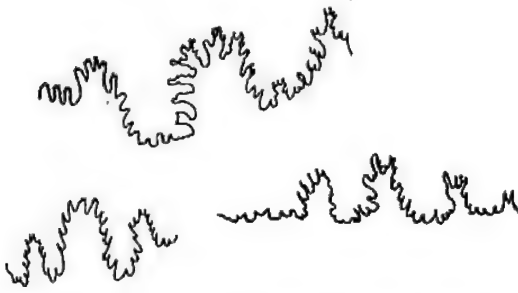
وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر ، تقاسمت مدينة زوريخ امتيازها كمركز جيولوجي مع جنيف التي اشتهرت ، بفضل ج - آ . دي لسوك



الصورة 38 - بصمات النباتات المتحجرة

(ج.ج. شوزر نباتات الطوفان - Herbarium diluvianum)

Jean André de Luc و J.A. de Luc وبندیکت دي سوسور B.de Saussure . ونشر جان اندره دي لوك Luc (1727-1817) في سنة 1778 «رسائل فيزيائية وأخلاقية عن الجبال وعن تاريخ الأرض والانسان» موجهة الى ملكة انكلترا . هذا العنوان الغريب ينشأ عن الخلط المدهشة التي يمكن أن تتواجد في النص . يذكر دي لوك كلمة جيولوجيا التي كانت مستعملة منذ زمن بعيد في انكلترا ، ولكنه يقول انه لا يستطيع استعمالها لأنها ليست فعلاً شائعة الاستعمال . لم يهتم ج. دي لوك الا بالجبال ، فميز بين الجبال البركانية القديمة ، والجبال المائية الثانوية والجبال الأولية أو غير القابلة للتفسير . . . وفي سنة 1798 ، وضمن رسائل موجهة الى بلومنباخ Blumenbach استكمل دي لوك نظامه . واعتبر القارات كقبة من الرسوبات البحرية ، المثنية والممزقة بدوران كبير ، ثم المجففة بفعل تراجع المحيطات العام . وكما كتب يقول : ان هدفه هو إثبات صحة النبوءة الموسومة . وفي «صحيفة الفيزياء» ، يشبه النميات (أصداف) بنظام الحبار (حيوان بحري من الرخويات) ولكنه يبدى هذه الملاحظة الذكية أن غنيات بأيون وإيطاليا والهند متشابهة ، رغم المسافات وفوارق الارتفاع .



صورة 39 - خطوط التخام الامونيات عن ج. ج. شوزر .

وكان هوراس - بندیکت دي سوسور Bénédict de Saussure — Horace (1740 - 1799) احد أبرز الشخصيات في علم الجيولوجيا في ذلك العصر . فقد درس جبال الالب طيلة ثلاثين سنة . ونشر ملاحظات ضمن أربعة مجلدات اسمها «رحلات عبر الالب» (1786-1796) . وزيادة على الملاحظات الممتازة والمفصلة ، يعود إليه الفضل في أنه عرف كيف يستخلص استنتاجات ايجابية

انطلاقاً من ملاحظات كلاسيكية حول التجمعات ، التي سبق ذكرها ج . ت نيدهام وجان دي ليمبورغ J.T.Needham et Jean de Limbourg . وفي سنة 1722 و 1784 راقب الحشادات (صخر من حصى متكتلة) المنتصبة في فالورسين ، والملتقى الكبير للطبقات الجورية (نسبة الى جبال الجورا) عند شلال نانت دار بيناز ، في واد الآرف . وبدت له ضخامة الظاهرة بأجل فظاهاها بحيث استنتج أن الترسبات قد هبطت أفقياً ، وإنما قد تجمعت وتثنت قبل أن تتحجر ، إنما بسبب ما يزال مجهولاً . إنها لدروس أولى في علم التكتونيك (علم يبحث في قشرة الأرض) وأول إشارة الى انحناء نائم .

فضلاً عن ذلك ان هـ . ب سوسور هو أول من أشار الى الارتدادات التي تسمى اليوم الحركات التماسية .

كتب بهذا المعنى ، سنة 1796 في كتابه «رحلات عبر الالب» : « هذا الحدث يعطي مثلاً جيولوجياً عن الارتداد الذي اعتقد أنه السبب العام في استقامة الطبقات التي كانت أسساً أفقية» .

في المجلد الاول من كتابه « رحلات عبر الالب » يعلن سوسور عن عزمه على أن يقدم يوماً ما وجهات نظر عامة شاملة حول الظواهرات الجيولوجية وأسبابها ولكنه في آخر المجلد 4 من هذا الكتاب أعلن عن عدوله عن هذا المشروع ، بعد أن أئنته عنه تنوعية الأحداث الملحوظة .

كتب يقول : « في شبابي ، عندما لم أكن قد اجتزت الالب الا من خلال عدد من المعابر ، ظننت أني أدركت أحداثاً وعلاقات عامة . . . ولكن بعد سفرات متكررة في مختلف اجزاء السلسلة تبين لي أحداث أكثر ، فعرفت أنه لا يوجد في الالب شيء ثابت إلا تنوعها » .

المدرسة الألمانية - اعتمد جوهان غوطلب ليمان (Johann Gottlob Lehmann) (1767?) التمييز الذي أدخله ستينون بين الصخور المسماة «الأولية» بـدون متحجرات وهي تشكل قشرة منشئية والصخور المسماة «الثانوية» ، وهي رسوبية ، وتحتوي على متحجرات . وبعد أن راقب في جبال هارز وارزبرج ، ميّز ثمانى تشكيلات متتالية : أولية ذات خيوط ، صلصال قديم أحمر ، ترسبات فحم حجرية Houille ، صلصال أحمر ثانوي ، طبشور أزرق ، شبيست تكعيبي ، طبشور شبيستي وزيشستين وهذا أمر ملحوظ يومئذ (1756) .

وتعتبر مذكرتا ج. ك. فوشسل G.C.Fuchsel « تاريخ الأرض والبحر . . . » (1762) و« مشروع تاريخ قديم للأرض وللإنسان » (1773) تقدماً بالمقارنة مع ليمان بتمييز مكان « موشلاكالك » والصلصال البرقش ، بالنسبة الى « زيشستين » الكامن في هارز وتورنج . فضلاً عن ذلك عرف فوشسل بعض المتحجرات المتميزة وأضاف إلى كتابه خارطة هي أصل الخارطات الجيولوجية الألمانية .

ولد بيتر سيمون بالاس في ألمانيا ، وكان أحد مؤسسي الجيولوجيا الروسية . استدعته الامبراطورة كاترين الثانية سنة 1768 ، لكي يشترك في حملة كان عليها أن ترصد مرور الزهرة فوق قرص الشمس . وارتحل بالاس في روسيا طيلة ست سنوات ، فزار القوقاز ، وشواطئ بحر قزوين والاورال وسيبيريا . وعاد منها بالعديد من المعلومات تهم كل فروع العلوم الطبيعية . وإليه يعود الفضل في اكتشاف وحيد القرن والمأموت المحفوظين في ثلوج سيبيريا ، واكتشاف الحجر النيزكي في الينيسي .

وعرض في بحث قرأه أمام أكاديمية العلوم في سان بطرس برج ، سنة 1777 ، وجهات نظره حول تكون سلاسل الجبال التي درس (كوكاز ، أورال ، الطاي) ، فدل على تسلسل دائم في الصخور الغرانيتية وسط السلسلة ، وفي الصخور الشيستية في الخواصر ، ثم الصخور الكلسية في الخارج . هذا التقسيم للطبقات قد يبدو بدائياً ، إنما يجب أن نلاحظ ان ما نشره بالاس سابق لمنشورات هـ . ب سوسور ومنشورات وارنر .

ورنر Werner والنبتونية - ولد ابراهام غوطلب ورنر (1750-1817) في بروسيا ، واهتم من صغره بالعلوم الأرضية إذ ، منذ 1774 ، نشر كتاباً كبيراً « في الصفحات الخارجية لاشباه المعادن » . وعيّن سنة 1775 استاذاً في أكاديمية المناجم في فريبيرغ ، ودرس بعناية ، الخيوط Filons وأراضي

الساكس ، وأوجد علماً جديداً « جيوغنوزي » أراد أن يؤسسه فقط على المراقبة ، وعلى المعرفة الانجائية .

وبعد اثنتي عشرة سنة قدم « تصنيف ووصف الاراضي » ثم في سنة 1791 ، لخص في « النظرية الجديدة في تشكيل الخيوط » Filons ، المعلومات التي لا تحصى التي حصل عليها . وتميز ورنر عن ستينون وعن لمان وعن فوسل ، بعد أن تبني أفكارهم ، أنه كان له مستمعون . فقد كان فكراً واضحاً دقيقاً ، وكان تعليمه يثير حماس الطلاب الذين كانوا يتوافدون إليه من كل بلدان أوروبا .

ووصف ورنر Werner العديد من الصخور ، وحدد العمر النسبي للقشرات المتراكمة ، وبين الاراضي « البدائية » والاراضي « الثانوية » أضاف الاراضي الانتقالية . ودرس بشكل عميق جداً ، الملاذات Gites الشبه معدنية . وفي نظره كانت الخيوط كلها مملوءة Per descensum .

وحاول أن يفسر كل تكوينات القشرة الارضية ، لا انطلاقاً من النار ، بل من الماء . فكل الصخور كانت في الاول ؛ مذوبة في الماء ، ثم ترسبت . وهذه النظرية النبتونية تتعارض بشدة مع البلوتونية عند هوتون Hutton . وهكذا اعتبر ورنر وهوتون الفحم كنتاج دفن واهترأ Alteration المواد النباتية ، ولكن هوتون فسر هذا الاهترأ بفعل حرارة الضغط أما ورنر فأرى فيه المفعول المذيب للاسيد سولفوريك الآتي من البيريت Pyrite .

وفي نظر ورنر Werner ، أودع البحر ، ليس فقط الصخور ذات الطبقات والرسوبية ، بل أيضاً الغرانيت ، وكل الصخور البلورية . وهذه الاخيرة تكونت أولاً ، بفعل كيميائي ، إنها الصخور الأولية .

وتكونت سلاسل الجبال في البحر . ثم برزت عندما تراجع البحر داخل جيوب داخلية في الكرة . وهكذا في نظرية ورنر ، كانت الصخور كلها مكونة بفعل البحر ، والنشاط الداخلي للكرة قد أغفل تماماً . واعتبر وارنر ان البازالت ، كحجر رسوبي ، مترسب في محيط بدائي كان يغطي اعلى الجبال . أما الانفجارات البركانية ، فقد عزاهها الى الاحتراق الباطني لطبقات الفحم الحجري Houille . وفي ما يخص الكامن شبه المعدنية ، أقر ورنر انه عندما تتلاقى طبقتان خيطيتان Filon فان الاحداث هي التي تقطع الاخرى ، وإنه في ذات الطبقة الخيطية Filon ، تكون المنطقة الاقدم هي الواقعة في الأعماق وقرب الحيزات الملحية . هذه الملاحظات أتاح ، التمييز ، ضمن نفس المقاطعة District المنجمية ، طبقات Filons ذات أعمار مختلفة ، بحسب طبيعتها وفرقتها Gangue واتجاهها .

المدرسة البريطانية - استمر المؤلفون الانكليز في القرن 18 يستخدمون كلمة جيولوجية ومنهم : بيلي Bailey في كتابه : « جيولوجيا ، معالجة أو وصف للأرض » (1736) ، وينجامان مارتان Ben-jamin Martin في « النحر الفلسفي » Grammaire (1736) ، وجونسون Johnson في « جيولوجيا أو نظرية حول الأرض » (1755) .

وفي انكلترا ، كما في غيرها ، لم يفكر المتأخرون الا في أن يكونوا منسجمين مع الكتاب المقدس ، والطوفان وموسى Moise . وقد علم واعظ شهير ، جون وسلي John Wesley (1703-1791) ley ان البراكين وهزات الأرض لم تكن موجودة قبل « الخطيئة » في حين أوضح الفلكي و . وايستون W. Whiston سنة 1708 ، ان الطوفان بدأ نهار الاربعاء 28 تشرين ثاني

وشرح ج . ت . نيدهام J.T.Needham بنية وأصل سلاسل الجبال ، بشكل جيد جداً ، فقال : إنها مؤلفة ، من طبقات محورية المركز ، ذات سبائك واحدة ، ارتفعت ثم انكسرت بعد أن كانت قد اكتسبت نوعاً من المناعة ، بعد حالة السيولة التي كانت عليها يوم ترسبها ، كما يثبت ذلك وجود المتحجرات الحيوانية والنباتية . وسماكتها المتساوية ، على امتداد طويل تثبت ، أنها قد ترسبت افقياً . وهذه المعلومات نشرت بتاريخ 1769 وهي سابقة على معلومات جان لميورغ (Jean de 1770) Limbourg ومعلومات بنديكت سوسور (1776-1784) .

جامس هوتون James Hutton - والبلوتونية - الاسكتلندي جامس هوتون (1726-1797) الذي ترك الطب ليدرس الجيولوجيا ، لم يبن نظريات من وراء مكتبه ، بل درس طويلاً على الأرض . واعتبر كتابه « نظرية حول الأرض » المقدمة الى الجمعية الملكية في أدنبره سنة 1875 والمطبوعة سنة 1795 ، غامضاً نوعاً ما . ولم تعرف الشهرة الدائمة إلا بعد أن قام جون بليفير John Playfair (1748-1819) تلميذ هوتون بشرحها ، في كتاب : « توضيحات حول النظرية الهوتونية » (1802) .

لقد شرح هوتون أولاً طبيعة ونشأة الصخور الرسوبية ، واعتقد أن الشيست الميكاسي Micacés ، وحتى النازس ، هي مثل هذه الصخور قديمة جداً . واعتقد أن تجمد الترسبات يعود الى الضغط المتزايد الممارس على القشرات العميقة ، المعرضة لحرارة النار المركزية . ويأتي الوضع الحالي للطبقات البحرية المتحجرة من ارتفاع هذه الطبقات أو القشرات ، لأنها لم تعد افقية بل معوجة الشكل وملساء . والتعليل ، موجه من أسفل الى أعلى ، يعنف الى درجة أنه يلحق بصخور أكثر قدماً .

وقوتها مرتبطة بالقوة التوسعية للحرارة المائية من النار المركزية . ويعترف هوتون ، بعد ورنر Werner ، بتأخر وتخلّف الخيوط المعدنية عن الشطائر التي تقطفها وتجتازها . أما الصخور الانفجارية ، والغرانيت بشكل خاص ، فيرى فيها مواداً بعد ذوبانها بالحرارة قد ارتفعت هاربة من أعماق المناطق المعدنية : إن السيولة الاصلية تثبت بالبنية البلورية . لقد تسرب الغرانيت بشكل ظاهر الى الصخور الرسوبية ، ولذا فهو قد جاء بعدها . هذا العرض اصبح جسم عقيدة سميت « بلوتونية » وهي تعارض بشدة مع نبتونية ورنر ، وقد انتصرت عليها أخيراً عندما انضم اليها آ . فون همبولد A.Von Humboldt وليوبولد فون بوش Leopold Von Buch .

وليم سميث William Smith - يعتبر وليم سميث (1768-1839) واحداً من مؤسسي الستراتيغرافيا « المطبقة على علم الخرائط Cartographie . ومنذ 1799 اقترح « سلماً ستراتيفرافيا للتكوينات الثانوية في غربي انكلترا » وأقر تراتباً في التسابع مؤكداً بفعل التعرف على ماهية بعض

المتحجرات المتأتية من مناجم بعيدة عن بعضها البعض . ودرس المتحجرات مع بنجامان ريشاردسون Benjamin Richardson وجوزف تاونسند Faunrend Townsend ، فحدد العمر النسبي للطبقات ، ونشر خارطة ملونة لمنطقة باث ، وهي الخارطات الأولى الجيولوجية الانكليزية . وفيها بعد ، سنة 1815 وسع أعماله حتى شملت الخارطة الجيولوجية في انكلترا وبلاد ويلز .

تصنيف الانواع - حتى القرن 18 كان العلماء الطبيعيون يجمعون ، من غير تنظيم كل المتحجرات وحتى كل الاجبار ذات الشكل الغريب الملفت . وكانت هذه الاشياء توصف وتصور ، وحتى تقارن بمجموعات حية إنما من غير أي اهتمام بالصفات التشريحية والمورفولوجية (Morphologiques) . وكانت المحاولات التي قام بها ، في القرن 17 ، موريسون ، وجون راي ، وتورنفور ولينيز Morison, John Ray, Tournefort et Leibniz ، لتعريف النوع ، ما تزال غير كافية للوصول الى تصنيف عام للكائنات الحية وللمتحجرات . وكان هذا الهدف أقرب الى التحقيق في القرن 18 بفضل وضع الجداول المزدوجة من قبل ليني Linné ، وبفضل محاولات التصنيف الطبيعي للنباتات ، وكلها أمور قام بها آدانسون ، وبرنار ، وانطوان لوران دي جوسيو Adanson, Bernard et Antoine-Laurent de Jussieu .

المدرسة الفرنسية - في سنة 1708 ، نشر ج . استروك J.Astruc مذكرة حول المتحجرات في ضواحي موبليه ، وهي كما يقول المؤلف قواقع تركها البحر المتوسط . في سنة 1720 وفي مذكرة حول القواقع البحرية في رمال منطقة تورين المحاربة ، الفرنسية ، يفسر ريمور Réaumur وجود هذه القواقع بشكل فريد . فهي قد حُطت من قبل تيار محيطي آت من المانش ، وهو المسؤول عن كتل قواقع شومون آن فكسان Chaumont-en-Vexin ، عن الحجر الكلسي الخشن من المنطقة الباريسية أو عن توتياء من طبشور الشاتر ، ثم ذهب مرتدداً الى الأطلسي في منطقة نيورت ولاروشل Niort et La Rochelle ، حيث ترك الأمونيات Ammonites . . . وقدمت هذه المذكرة الى الاكاديمية من قبل فونتيل Fontenelle الذي شرحها شرحاً بديعاً .

« إنه وإن بقي سيقى فعلاً على الأرض الكثير من بقايا وآثار الطوفان العام المذكور في الكتابات المقدسة ، فليس الطوفان ، على الاطلاق ، هو الذي اوجد قواقع التورين . . . فهذه القواقع لا بد وأنها قد جاءت ووضعت بهدوء ، وببطء ، وبالتالي في وقت أطول من سنة . ويتوجب إذن ، أو قبل أو بعد الطوفان أن يكون سطح الأرض ، على الاقل في بعض الأماكن ، مختلف الترتيب عما هو عليه الآن ، وأن تكون البحار والقارات ، في ذلك ، ذات ترتيب آخر ، وأخيراً أن يكون هناك خليج كبير في وسط التورين » .

في سنة 1710 - لفظ فونتيل - وهو يقدم الى الاكاديمية أعمال المستحاثات لشوزر - هذه الكلمات التي أصبحت كلاسيكية :

« هذه هي أنواع جديدة من المياليات ، توارى عنها هي بدون مثال ، مهمة وأكثر ضماناً من

تواريخ كل الميداليات اليونانية والرومانية » .

وألمم الاكتشاف الذي قدمه ريمور أيضاً فونتيل أول فكرة عن الخرائط الجيولوجية : « كتب يقول : لكي يتم الكلام بوثوق عن هذه المادة ، لا بد من الحصول على أنواع من الخارطات الجغرافية المنظمة بحيث تشمل كل أنواع الصدف المدفون في الأرض . كم من المعلومات نحتاج وكم من الوقت يلزم للحصول عليها . ومع ذلك من يدري إذا كانت العلوم سوف تتوصل يوماً ما إلى هذا الحد ، على الأقل جزئياً .

وفي فرنسا ، كما في غيرها ، كان هناك متأخرون . واشهرهم فولتير ، الذي كان يتكلم باستخفاف ، فلم يتردد ، سنة 1746 ، من وصف برنار. باليسي Bernard Palissy بأنه خيالي ، كما زعم بأن القواقع التي يعثر عليها في الجبال قد جلبها حجاج عائدون من سوريا أو من سان جاك دي كومبوسيل . وبالمقابل ، وعدا عن علماء الطبيعة الذين اوجدوا بصير وأناة علوم الأرض ، يجب التذكير بالجهود الفاضل الذي بذله ديدرو وأصحاب الموسوعة الذين كانوا في وسط الصراع ضد النظرية الطوفانية التي نادى بها الكنيسة .

ناقش بنوا مايي Benoist Maillet في كتابه « تليامد » (1748) عبارات صفر التكوين ، والمح الى أن الايام في الكتابات المقدسة هي حقبة ، وأنكرباصرار إمكانية حدوث طوفان شامل . وتكلم عن المتحجرات فقال إن الحيوانات والنباتات الأرضية هي من سلالة الحيوانات والنباتات التي كانت تعيش في البحر الشامل الذي أدى تراجعه إلى ظهور الجبال .

واشتهر جان - ي غيتار Jean-E. Guettard (1715-1786) ، في سنة (1746) بنشر كتاب (بثلاث سنوات قبل نشر كتاب نظرية الأرض لبوفون Buffon) عنوانه : « مذكرة وخارطة منجمية حول طبيعة وحول وضع الأراضي التي تتكون منها فرنسا انكلترا » وفي هذا الكتاب بين غيتار عن وجود نوع من الانتظام في التوزيع الذي حصل في الصخور والمعادن وغالبية المتحجرات الأخرى . وفي الاجمال ميز في خارطاته الجيولوجية 3 مناطق مركزية : الرملية والصلصالية ثم الشيستية أو المعدنية . وأكثر من ذلك قسم غيتار كل واحد من تقسيماته الى 4 قشرات ذات طبيعة متنوعة ، بواسطة 50 اشارة اصطلاحية دالة على الاحجار وعلى المقالع وعلى الجيوب التحجيرية وعلى النابع الحرارية الخ . وحقق بهذا أول خارطة جيولوجية تستحق هذا الاسم . وكان لافوازيه مشاركاً ناشطاً لغيتار في مشروعه الكبير « الاطلس المعدني والمنجمي لفرنسا » والذي تضمن 214 ورقة ، واستخدم 211 مصطلحاً .

ونشر غيتار العديد من الملاحظات والمعلومات حول المتحجرات ، وحول جفصينيات باريس ، وحول ثلاثيات الفصوص انجرم الشستية ، وحول ثدييات الجفصين الباريسية ، والنوميات وأشباه المعادن في الدوقينيه (1779) . واحذ اكتشافاته الأمامية حصل في منطقة أو فرنيا عند رجوعه من ايطاليا . وعند كلامه عن فولفيك Volvic قرب كليرمون Clermont صرح : « فولفيك ، فولكاني فيكوس » ، وأعلن أمام أكاديمية العلوم في 10 أيار 1752 ان العديد من الجبال في وسط فرنسا هي براكين قديمة . ولم

يصدقه احد يومئذ . وأكمل دراساته سنة 1759 ، ولكن للعجب ، لم يهتد بأن البازلت هو صخرة بركانية .

وقام نيقولا ديماري Nicolas Desmarest (1725-1815) ، بعد زيارة لاطاليا ، بوضع خارطة مفصلة لبراكين اوفرنيا ، وبين الاصل البركاني للبازلت - وهو أصل لم يقبل به كوفيه Cuvier سنة 1808 - وعرف ديماري Desmarest ماهية تركيب البراكين الملتهية والبراكين المنطفئة .

ويبدو أيضاً أن . ديماري هو أول من ميز بوضوح الشبكات المقعرة (التي كانت متخفية تحت قوس مقعر) والشبكات المحدودة (وهي طبقات محدودة بشكل قوس محدوب) كما ميز التشوهات التي نعتبر عنها اليوم بكلمة متقعر ومضغبة وهاتان الكلمتان أوجدهما كونبير وبوكلاند Conybeare, Buckland سنة 1822 ونذكر أيضاً اسم الاباتي بلاسو Palassou واليه يعود الفضل في كتاب عنوانه : « بحث في علم المناجم في جبال البيرنيه » (1781) . وعرف بلاسو أولاً الوضع المتوازي العام للشفرات بالنسبة الى محور السلسلة . وعزا انخفاض الوديان الى الحت الذي أصابها بفعل مجاري المياه (وليس فعل البحر كما هو معتقد شائع عموماً) . واقترن بحثه بخارطة جيولوجية للمنحدر الشمالي من السلسلة المدروسة .

عمل بوفون Buffon - أخذ بوفون عن ديكارت وعن نيوتن وعن ستينون وعن لينيز فكرة النار المركزية ، وجعل منها أساساً لنظام فصله في « نظرية حول الارض » وفي « ازمة الطبيعة » .

وفي سنة 1749 نشر « نظرية الارض » . وفيها انتقد بشدة هذرات فولتير ، وبين نشأت التحجرات ، وميز الأنواع الداخلية والأنواع الشاطئية وأشار إلى الزوال الكامل لبعض الاشكال مثل قرون آمون .

وبعد ديماري عرف بوفون الأصل الناري للبازالت ولاحظ أن نار البراكين لا تأتي من النار المركزية ، ولا حتى من عمق عميق ، لان « الهواء ضروري جداً لاشتعالها ، أو على الاقل لاستمراريتها » . وكان بوفون قليل الرغبة في الصدام مع الكنيسة ، فكتب يقول « ان الارض كانت قبل الطوفان ، كما هي اليوم تقريباً » . وعزا تكون الجبال أولاً الى فعل البحر فقط ولكنه في الطبعة الثانية أكد « ان الجبال لم تكن مؤلفة بفعل المياه بل بفعل النار الأولى . ولم تعمل المياه إلا في المرحلة الثانية » .

وفي سنة 1778 نشر بوفون كتابه الكبير « ازمة الطبيعة » ، وهو كتاب طويل فضفاض ، أحياناً قليل الوضوح ، مثقل بالتأملات الفلسفية ، ولكنه يتضمن أفكاراً عديدة أصيلة بعضها رفضته كلية اللاهوت في باريس . واكتفى بوفون بالاسباب الحالية ليفسر الظواهر القديمة ، فضلاً عن ذلك لقد جهل هذه وتلك أي الظواهر القديمة والحديثة ، نظراً لانه قليل الاتصال المباشر بالطبيعة . وكان ذا ذكاء عجيب فعالج كل المواضيع وعرض أفكاراً جديدة خالصة .

وكان أول من تجرأ على التعبير عن رأي واضح حول مدة الازمنة الجيولوجية . كتب يقول : « إن

القشرات المتراكمة نتجت عن ترسبات تحت المياه ، ترسبات امتدت طيلة آلاف السنين وليس فقط
بخلال أيام الطوفان الاربعين » .

وقسم بوفون هو أيضاً تاريخ الارض الى 6 حقب ، وكانت عنده الجرة العظيمة ليحدد مدتها
الدنيا بـ 75 ألف سنة . وأجاب على الاعتراضات التي وجهت إليه ، باختراع طريقة الحساب المتعلقة
بمدة الترسيب . ولاحظ رقة أوراق الإدواز ، ولاحظ أن الموجة في ارتفاعها قلما ترسب إلا 1/12 من
خيط سماكة المترسبات . مما يجعل الترسيب السنوي محدوداً بـ 5 بوصات وهذا يقتضي 14 ألف سنة
لترسيب تلة صصلالية من 1000 قامة كارتفاع . وأضاف أن الـ 75 ألف سنة التي ذكرها ليست إلا
مقداراً غير كافٍ على الإطلاق .

وأيد بوفون الزوال الكامل لبعض المجموعات الحيوانية المتحجرة تماماً ، مضيفاً إلى قرون آمون
Ammon والاحجار النوميسمية (نسبة الى النوميلى) ومضيفاً أيضاً البلمينيت وأحجار جودية
(مسلات التوتياء Oursins) ، الخ . وسوف تستعاد أفكاره حول تطور الأنواع ، التي درست
سابقاً^(١) ، في القرن التاسع عشر تحت تسميات المنافسة الحادة ، والانتقاء الطبيعي وتأثيرات المكان .
نذكر أخيراً أن بوفون هو أيضاً مبتكر علم المستحاثات . لقد عرف إلى حد ما أجناس الحيوانات الثديية
الحديثة في العالمين القديم والحديث ، واستنتج منها أن هاتين القارتين كانتا متصلتين في الماضي وإنهما لم
ينفصلا إلا في « الحقبة السادسة » .

وكان لانتاج بوفون المهم نجاح ضخم وساهم تماماً في نشر حب العلم الطبيعي . واحتوى تأليفه
أموراً جديدة سوف تأخذ كل قيمتها في القرن التاسع عشر .

دولوميو Dolomieu - في السنة الخامسة وفي السنة السادسة من الجمهورية الاولى الفرنسية ،
زار ديدوني دولوميو (1750-1801) قسماً من جبال الالب ، واخذ يثبت مكانياً من معلومات هـ .
ب . سوسور . وفي تقرير نشر في جريدة المناجم عرض تصوراً لظواهرات التغطية التي كانت في أساس
نظرية « مستفعات النقل » . وهذه الظاهرة بدت عجيبة الى درجة تحملنا على ذكر النص الاساسي ،
رغم ما فيه من غموض ورغم الاسباب الغريبة الواردة فيه :

« إن تفسير هذا الوضع (استقامة وانتصاب الطبقات سترات) ، لا يمكن أن يكون نشوئياً ،
ومن كل الشذرات والاضطرابات الظاهرة الملحوظة في هذه الجبال ، لا يمكن أن يحدث الا بافتراض
وجود صدمة تضرب بشكل منحرف القشرة المتجمدة من كرتنا ، بحيث دفعها وكسرتها بعنف ثم
ازاحتها ورفعت قواعد هاف أجبرت بعضها على التقوس وعلى التصادم فيما بينها بحيث ساندت بعضها
بعضاً في الهواء ، كتلك الكتل التي كونت « الجبل الابيض » في حين ان الاخريات ، وقعت بعد الرجفة
فمادت واضطربت فوق الكتل الدنيا ، وهكذا تدعمت في وضع لا يبعد كثيراً عن وضعها المنشئي .
نلك هي الكتل التي يتكون منها المنزور » .

(١) انظر الفصل حول مشاكل البيولوجيا .

جيرو - سولافي Giraud-Soulavie - كان جان لويس سولافي (1752-1813) Soulavie ، الذي لبس ثوب الرهبان تحت اسم جيرو Giraud ، المؤسس الحقيقي لعلم البليانولوجيا الستراتغرافية ، كما كان بذات الوقت احد طليعي التحولية . وكان أيضاً أول من تصور ماهية مدة الازمنة الجيولوجية .

وفي سنة 1772 اكتشف جيرو وسولافي براكين فيغاري وقارنها فيما بعد بحمم أجد . وأشار بأن انسيابات حمم فيغاري كانت تقطع بعمقها بمجاري المياه ، وإن كتلتها كانت تنقل إلى حوض نهر الرون ، بعيداً بعيداً نحو المصب . واعتقد أن هذا العمل الانحطائي والنقلي قد دام طويلاً جداً ، فتصور ترتيباً زمنياً مركباً على زمن حفر الوديان . وربما استلهم من عمل سابق قام به هـ . غوتيه H. Gautier من نيمس ، صدر سنة (1723-1724) ؟ وعلى كل توصل جيرو الى أرقام تجاوزت المدة التاريخية الواردة في الكتابات المقدسة .

وجاء الى باريس سنة 1778 قاصداً وضع « جغرافيا فيزيائية لفرنسا » . ولقيت فكرته هذه ترحيباً فبنتها الاكاديمية . وبدأ ظهور كتاب « التاريخ الطبيعي لفرنسا الجنوبية » بـ 7 مجلدات ، سنة 1780 . ولكن أفكار جيرو وسولافي Giraud-Soulavie لقيت معارضة من بوفون ، فلم ترحب بها جماعة المفكرين المتزمتين . وبين نشر بعض مقالاته التي يحدد فيها المدة التقريبية للظواهر الجيولوجية بعدة مئات من الملايين من السنين ، ضخامة اختلافه مع الكتابات المقدسة . واجبروه يومئذ ، اي سنة 1784 ، وعمره 32 سنة ان لا يبحث في الجيولوجيا ومنعوه من نشر المجلدين الاخيرين من كتابه . ومنذ 1779 كتب يقول أنه بالامكان تصنيف الاراضي الرسوبية بحسب المتحجرات التي تحتويها :

« إن النباتات المجهولة ، والمدفونة في الصلصال القديم والقواقع البحرية المدفونة في الرخام الاولى قد احتلت ، وهي الاولى ، مملكة البحار والارض . . . ومن بين القواقع هناك عائلات وجدت قبل اخرى . . . والطبيعة قد كثرت العائلات ، وإنها حسنتها دائماً ، وذلك بشكل متزايد فأوجدت أولاً الأكثر بساطة ثم الأكثر تعقيداً . . . » .

وقد توصل بعد ذلك الى قسمة تاريخ الاراضي الرسوبية الى 5 حقب : العصر الاول وفيه الحيوانات المتحجرة التي لم يعد لها مثيل في عالمنا الحالي (من هذه الحيوانات المتحجرة : اورتوسير ، بلمينت ، امونيت) ؛ والعصر الثاني اظهر خليطاً من هذه المتحجرات نفسها مع غيرها من التي لها حتى اليوم شواهد تمثلها، مثل المشطيات والقواقع ؛ والعصر الثالث « وفيه قواقع حديثة تعيش ذرياتها حتى اليوم في البحار وهي تظن في الحجر الطري والكلسي » ؛ والعصر الرابع وهو عصر الشيسيت المتشجر في كوارون (في ميوسين) ؛ والعصر الخامس وفيه تجمعات وتراكمت تحتوي على أنياب الفيلة .

وركز جيرو وسولافي على زوال الحيوانات القديمة زوالاً تاماً ، ثم استبدلها بأخرى سوف تهلك بدورها . وتبين بأنه طليعي من رواد التحولية ، عندما أكد بأن تكاثر الأشكال ، تكاثراً معروفاً في كل عائلات العالم العضوي ، يتأتى عن فساد الأشكال القديمة بتأثير من البيئة (ارض حرارة غذاء الخ) . وخضع هذا الرائد العبقري الذي طلب اليه أن يسكت فسكت وترك الجيولوجيا . وعندما جاءت

الثورة الفرنسية استغل الحريات الممنوحة الجديدة لكي يوضح سنة 1763 بأن زوال دفعة وحيدة من الحمم المناسبة يمكن أن يدوم أكثر من 6 ملايين سنة . إن جيروسولافي قد تخطى حاجز سفر التكوين وافتتح علم الجيولوجيا الحديث .

II - ما قبل التاريخ

يدرس « قبل التاريخ » ، وهو الفصل الأخير من علم الجيولوجيا ، الأزمنة القديمة السابقة على التاريخ ، وتطور البشرية طيلة المليون سنة التي تشكل أزمنة العصر الرابع عند الجيولوجيين . ويدرس هذا الرابع بالاستناد إلى الترسبات ، وإلى الحيوانات والنباتات المتحجرة التي عثر عليها فيه ، والبشر المتحجرين والصناعات البشرية (الصوان المصقول في أغلب الأحيان) .

هذا الدرس يفترض إذن بصورة مسبقة معرفة الصناعات البشرية السابقة على المعادن ، معرفة العصور القديمة في حياة الإنسان وتعاصرية الحيوانات والنباتات المتحجرة . هذه التصورات كانت صعبة التحصيل في عالم متعود على أن لا يحسب حساباً إلا لما هو وارد في « الكتابات المقدسة » وإلا حقيقة الطوفان الكوني . إلا أن بعض الاسئلة سوف تطرح في القرن 18 من قبل بعض الرواد .

الانثوغرافيا المقارنة - كانت الفؤوس المصقولة أو الملمعة تحمل دائماً اسم « سيرونيا » أو « حجر الصاعقة » ، عندما ظهر سنة 1717 كتاب بعد ممات صاحبه ميشال مركاتي Michele (1541-1593) Mercati « المتالوتيكيا » حيث يوجد تصور أكثر صحة .

كتب مركاتي : « إن أغلب الناس يعتقدون أن « السيروفي » تخلقها الصاعقة . ويرى الذين يدرسون التاريخ أنها قد انفصلت بصدمة عنيفة من الصوان الصلب جداً ، وقبل استعمال الحديد ، من أجل جنون الحرب . لأن أقدم الرجال كانت نسكاكينهم شظايا الصوان » .

وبعد عدة سنوات شبه آ. جوسيو A.de Jussieu واليسوعي لافيتو Lafitau (1724) والقاضي ماهودل Mahudel هذه الأدوات الحجرية عند أجدادنا ، بالأسلحة الحجرية لدى الشعوب المتوحشة الحالية ، وبينوا تشابهها . إنها أولى المحاولات في علم الاناسة المقارنة (انثوغرافيا) .

في سنة 1715 عنر صيدلي وانتيكاني لندني Londres كونييرز Conyers في بحصاصات على فأس مقصوية في جوار هيكل فيل . وأطلق صديقه باغفورد Bagford الفرضية بأن هذا الفأس قد ادخلها الرومان ، في ظل حكم الامبراطور كلود Claude . وفي أواخر القرن 18 ، اكتشف انكليزي آخر ، جون فريير John Freire اكتشافاً مماثلاً في هوكسن في سوفولك ، وأعلن أنه « يعود إلى حقبة أكثر بعداً في التاريخ ، وأبعد بكثير عن عالمنا الحاضر » . ومرت هذه الملاحظة المدهشة ، غير منظورة . إنها المرة الأولى ، ربما ، التي يشار فيها إلى قدم الإنسان القديم ، إنسان عاش مع الحيوانات البائدة .

عصر العماقة - كان ما قبل التاريخ محكوماً ، في القرن 18 ، بعادة اعتبار الكتب المقدسة

وكانها علميا وحرفيا صحيحة . حتى إن إمكانية وجود الناس المتحجرين لم تظهر إلا في السنوات الأخيرة من القرن . والمسألة لم تكن تطرح بجدوى ، إذ كان من المقبول ان الاقدمين كانوا عمالقة أكبر منا بكثير . لقد حطم الطوفان الكوني كل البشر باستثناء نوح وعائلته ، واذن لا جدوى من البحث عن جلود .

ويمكن أن نقرأ في سفر التكوين ما يلي : « في ذلك الزمان ، كان هناك عمالقة على الأرض بعد أن تقدم أبناء الله نحو بنات البشر فأعطوهن الاولاد . هؤلاء الابطال هم الذين كانوا مشهورين في العصور القديمة » (ك ، 6 ، ف ، 4) .

وهكذا آمن الناس في العصور القديمة والقرون الوسطى وعصر النهضة بوجود العمالقة . وفي القرن السادس عشر كان الكهان يحفظون في كنيسة فالنسيا Valence ، في اسبانيا بناب من قيل متحجر يقال أنه من سان كريستوف ، وفي كنيسة أخرى اسبانية كان هناك عظم ساق قيل متحجر يُتبرك به وكأنه ذراع قديس . وفي سنة 1714 ، تلقت الجمعية الملكية مذكرة من الدكتور كوتنامذر Cotton Mather من بوسطن يقول فيها أن عظام الماموث التي اكتشفت في ألباني سنة 1705 عرضت وكأنها عظام عرق ملعون سابق على الطوفان . وفي القرن الثامن عشر تحدث شوزر Schieuchzer عن عظام عمالقة وجدت سنة 1577 في جوار لوسيرن ، وقد عزاها فليكس بلاتر Félix Platter ، أستاذ كلية الطب في بال إلى إنسان طوله 17 قدماً .

وكان التركيب الجسدي التشريحي لاجدادنا مجهولاً جداً حتى أن شوزر Scheuchzer ، وهو عالم طبيعي موهوب صنف سنة 1726 ، تحت اسم الرجل الشاهد على الطوفان بأن له هيكلًا عظمياً شبيهاً بهيكل السلندر المتحجر في منطقة أونينجن في سويسرا . وهذا الوصف أورده ثانية أ. ج . ديزاليه A.J.Dezallier من أرجانفيل ، وليس إلا في سنة 1787 استطاع المشرح كمبر أن يعرف فيه على زحافة ، حددها فيما بعد كوفيه Cuvier .

ولم يخف موضوع الانسان المتحجر على بوفون ، اذ ، في سنة 1778 ، في « ازمة الطبيعة » أشار أن الانسان برأيه متأخر جداً عن الفيلة وعن وحيدات القرن المتحجرة التي وجدت عظامها وأنيابها ، في رسويات نهر السين وغيره من المجاري المائية . ورغم هذا الخطأ ، كان لبوفون فضل اتخاذ موقف وتوضيح رأي معاصريه .

وليس إلا في سنة 1797 ، حين طرح جون فريير John Frère مسألة الانسان الاقدم وقدمه ، إنسان معاصر للحجرات الزائلة .

III - علم أشباه المعادن

قلعت انسيكلويديا ديدروو ، المبر Didrot, d'Alembert في سنة 1765 « للمينيروولوجيا » ، بقلم البارون هولباخ Holbach ، تعريفاً يشمل كل علوم الارض : « كتب هولباخ : المينيروولوجيا ،

بكل اتساعها ، هي القسم من التاريخ الطبيعي الذي يهتم بمعرفة مواد العالم شبه المعدني ، اي بالاحجار ، والاملاح ، والمواد الملتهبة ، والمتحجرات ، اي ، بكلمة ، بالاجسام غير الحية ، وغير المزودة بأعضائه حسية ، والموجودة في باطن الأرض وفوق سطحها . ويعني أقل اتساعاً يفهم بكلمة مينيولوجيا سلسلة الاعمال المستحدثة من اجل استثمار المناجم ، وعندها يدخل التعدين في علم المينيولوجيا .

وإلى جانب هذا التعريف غير الكافي أيضاً ، نجد أفكاراً موفقة جداً حول دور الملاحظة والعمل على التربة : « البحوث الهادئة في المختبر ، والمعارف المكتسبة في الكتب لا يمكن أن تشكل عالماً مينيولوجياً ؛ إن عليه أن يقرأ في كتاب الطبيعة الكبير ؛ وعليه بالفصوص في أعماق الأرض يتربص أعمالها الخفية ؛ وعليه أن يتسلق ذرى الجبال الصعبة ؛ وعليه أن يتجول في مختلف المناطق ، حتى يتوصل الى اقتلاع بعض الاسرار من الطبيعة التي تخفي عن ابصارنا أسرارها .

ان المينيولوجيا كما نفهمها ، لم تكن يومئذ علماً مستقلاً . في القرن 18 بحث خالوريوس وورنر Wallerius, Werner عن قواعد لتحديد وتصنيف اشياء المعادن ، في حين عكف برغمان وكرونستد وي فون بون Bergman, Gronstedt, I. Von Born على تركيبها الكيميائي . وكانت النتائج التي حصل عليها هؤلاء غير واضحة ؛ فقد اعتبروا مثلاً الفلسبار « كتراب صواني » ، متحد بالصلصال ويقليل من المنغنيز .

وقد اعتبر توربن برغمان Torbern Bergman (1735-1784) في أغلب الاحيان ، كرائد سابق على هاوي ، لأنه قدم تفسيراً لانتقال الموشور السداسي المنتظم الكليسي الى الموشور السداسي والى الأخمي . والواقع أن وجهات النظر مختلفة نوعاً ما . ففي حين اكتفى برغمان بمجرد الملاحظات الجيومترية ، فيما يتعلق بالانتقال من شكل الى آخر دون أن يحاول تفسير الأصل ، ركز هاوي Haüy استخلاصاته على نظرية عامة حول بنية البلوريات (ش. موغرين) .

وقد ركز لبني على الاشكال المتبلرة (1735) ، ولكنه اعتقد أن كل المعادن من نفس الاشكال الجيومترية لها تركيب كيميائي متماثل . في سنة 1745 ، أشار الكيميائي الروسي لومونوسوف Lomonossov في كاتالوغ مهم لاشياء المعادن ، الى ثبات الزوايا الزوجية (dièdres) في بعض المتبلرات ، ولكن عمله بقي مجهولاً من قبل علماء الطبيعة في أوروبا الغربية . وفي سنة 1772 ، وفي « محاولة حول علم المتبلرات » وضع رومي دي ليسل Romé de L'Isle (1736-1790) معارف عصره ، وفي سنة 1783 ، اكتشف مع تلميذه آ . كارانجو A. Carangeot قانون ثبوتية فتحة الزوايا الزوجية (dièdres) في المتلرات من نفس النوع كما اكتشف أسلوب البتر (Troncature) . وأشار الى أهمية علم المتبلرات Cristallographie (وهو الذي ابتكر الاسم) .

وهذا الشأن كتب في « بحث في علم المتبلرات » (1772) : « إن الكتاب الذي اعرض على الجمهور ، ليس تدويناً كاملاً كما تقتضيه الحالة الحالية لمعارفنا بل هو ليتولوجيا ، تؤدي مع

المنييرولوجيا ، الى افكار عامة حول نظرية الارض ، التي لم يبحثها ويستفدها اي علم ، إذا لم تكن المتبلرات هي أساس هذا النظام وسنده الثابت .

ووجد معارضاً خطراً له في شخص بوفون الذي لم يعط الاشكال المتبلرة الا أهمية ضئيلة لان فهمه لها كان تبسيطياً .

كتب بوفون بهذا الشأن : « يمكن القول بكل جدية أنه لم يكن هناك الازجاج بدائي واحد هو الكوارتز ، والذي تغير مادته بملون الحديد ، أخذ شكل الشب وشكل الميكا ، عن طريق تقشر للآئين ، وهذا الكوارتز بالذات ، مع كمية أكبر من الحديد ، وغيره من المواد المتنافرة تحول الى فلتسبارات والى سكورل . ومن خلال هذه الاشكال الخمسة حددت الطبيعة عدد الزجاجات الأولى التي انتجتها النار الأولية ، ومنها رُكبت فيما بعد كل المواد الزجاجية المعروفة في عالم أشباه المعادن » .

أما الخصائص الذاتية ، فقد وقف بوفون عند الصلابة ، وعند الثقل النوعي ، وعند الانسجامية ، وعند الانصهارية والاحتراقية . إن الشكل البلوري ليس إلا أمراً عارضاً . وكل هذا يدل بوضوح على أنهم كانوا لا يعرفون بوضوح ماهية النوع النجمي « المنييرولوجي » ، وإنهم كانوا لا يعرفون كيف يحددون صفاته الأساسية . الكيميائيون وحدهم كانوا يعتبرون النوع النجمي كمجموعة من الكائنات غير العضوية ، المتشابهة في تركيبها الكيميائي .

رنيه - جوست هاوي René-Just Haüy - عَلم المنييرولوجيا في « بستان الملك » صديق لبوفون ، هو الزوولوجي دويتون Daubenton (1716-1800) . وكان من بين تلاميذ هذا الأخير كهنتي شاب ، رينه جوست هاوي (1742-1822) الذي سوف يصبح المؤسس الحقيقي للمنييرولوجيا الحديثة .

وفي سنة 1770 ، اخذ الاباتي هاوي ، وهو استاذ في كلية كاردينال لموان ، يتردد على محاضرات دويتون Daubenton . كان هذا الأخير عالماً بالنبات وهاوياً للمتبلرات ، وكان يعجب من أن أشباه المعادن لها أشكال متبلرة متنوعة ، في حين أن الازهار من نفس النوع لها عدد وحيد من البتلات . وأهمه موضوع بنية المتبلرات ، فلاحظ أنه عندما يفصل اجزاء من بلور موشوري من الكالسيت ، بواسطة شفرة سكين ، مولوجة « داخل المفاصل الطبيعية الواقعة بين الشفرات التي يُشكل مجموعها الموشور » ، نحصل على موشور سداسي أكثر فأكثر صغراً ، إنما دائماً كاملاً . فاستنتج إمكانية الحصول على موشور سداسي أصغر فأصغر أيضاً ، أي جسيمات هي خلايا كاملة .

وكان هناك مذكرتان تمهيديتان ، الأولى حول بنية المتبلرات من البجادي (عرضت على أكاديمية العلوم في 21 شباط 1781) ، والأخرى حول بنية البسات الكلسي (22 كانون الاول) ، طبعنا بسمتها المراحل الأولى من عمله . وطور نظريته التي طبعت بطابعها بدايات علم الكريستالوغرافيا في كتابه « بحث في نظرية بنية المتبلرات ، مطبقة على العديد من أنواع المواد المتبلرة » (1784) .

كان الاباتي هاوي عضواً في أكاديمية العلوم ، منذ 1783 (فرع البوتانيك) . وسمي سنة 1795 عضواً في « الانستيتوتناسيونال » ، ثم استاذاً في مدرسة المناجم ، واستاذاً للمينيرولوجيا في المتحف سنة 1802 . وفي سنة 1801 كان قد نشر كتاباً عن المينيرولوجيا (خمسة مجلدات ، منها اطلس صور ؛ والطبعة الثانية ، سنة 1822) ، وفي سنة 1822 نشر كتابه « مبحث في الكريستالوجرافيا » (ثلاثة مجلدات واحد للوحات) .

وندين الى هاوي بمعرفة بنية التبلرات : لقد رأى في كل بلورة مجموعة من البوليدرات الصغيرة المتساوية فيما بينها (سماها خلايا متكاملة) ، تلتصق بوجوهها ، أما شكلها فمؤلف بالنظر الى سطح التماس أو التقاطع ، والصفائح (Stries) الخ ، أو بظهور أشكال ثانوية متفرعة من الشكل الأولي وفقاً لقوانين معروفة . لقد كانت فكرة التقاطع أو الشقوق (وكان يسميها مفاصل أو «مراطة» وتفسير التجذيعات Troncatures ، تقديماً جديداً وحاسماً

وبعد أن اكتشف هاوي قوانين بنية أشباه المعادن طبقها على التبلر . ولهذا الغاية عرف « النوع » المينيرولوجي « كمجموعة من الاجسام ذات الخلايا المتكاملة المتشابهة بأشكالها والمؤلفة من نفس المبادئ ، الموحدة فيما بينها بنفس النسب » ثم قسم فيما بعد الأنواع المينيرالية الى خمس طبقات : حجازية وملحية ، محترقة غير معدنية ، ثم معدنية ، من أصل ناري ، ثم بركانية .

وامتد عمل هاوي بأن واحد فوق القرن 18 والقرن 19 . وعمله سوف يدرس في المجلد التالي .

دراسة اشباه المعادن بالميكروسكوب - في القرن السابع عشر اخذت الطرق البصرية تطبق على علوم الارض ، بفضل ملاحظات آ . فان ليونوك A. Van Leeuwenhoek الجيدة ، بشكل خاص ، وهو أب علم الآليات ، وبفضل ملاحظات روبرت هوك Robert Hooke ، الذي أنشأ علم التشريح المقارن في النباتات الحية والمتحجرة .

في سنة 1672 لاحظ هويجن Huygens تسرب شعاع ضوئي يجتاز بلورة من المعدن الأيسلندي الصافي . ورغم الاستكمالات التي أدخلت على صنع الميكروسكوبات ، فإن القسم الأعظم من القرن 18 لم يشاهد تقدماً ملحوظاً في الدراسات الميكروسكوبية . ولكن في سنة 1782 ، نشر دويتون Daubenton عملاً مفيداً في المينيرولوجيا الميكروسكوبية ، بين فيه الطبيعة الحقة للداندريت Dendrites ثم جاءت فيما بعد دراسة دولوميو Dolomieu (1794) ثم في سنة 1800 ، دراسة وصف فيها فلوريان دي بلفو Fleurian de Bellevue حم ضواحي روما .

وهكذا عرف القرن 18 نهضة مشرقة في الجيولوجيا ، كما شاهد ولادة نظريات منافسة ، وملاحظات أساسية حول طبيعة المتحجرات ، وتقديرات أولية لعمر الكرة الأرضية ، والملاحظات الأولى في مجال ما قبل التاريخ والولادة الحقة للمينيرولوجيا .

مراجع القسم الثالث

مؤلفات عامة

Ouvrages généraux : Collection « Peuples et Civilisations », t. XI : *La prépondérance anglaise* (P. MURET et Ph. SAGNAC, Paris, 1951) ; t. XII : *La fin de l'Ancien Régime et la Révolution américaine (1763-1789)* (Ph. SAGNAC, 1952), et XIII : *La Révolution française* (G. LEFEBVRE, nouv. éd., 1963) ; Collection « Clio » : *Le XVIII^e siècle* (2 vol., E. PRÉCLIN et V.-L. TAFITÉ, Paris 1952-1953) ; *Histoire générale des civilisations*, t. V : *Le XVIII^e siècle* (R. MOUSNIER et E. LABROUSSE, 5^e éd., Paris, 1967) ; Ch. MORAZÉ, *Les bourgeois conquérants*, Paris, 1967 ; O. LINDSAY, *The Old Regime, 1713-1763*, Cambridge, 1957 (« The New Cambridge Modern History ») ; H. R. SMITH, *A history of modern culture*, t. II : *1687-1776*, New York, 1934 ; D. MORNER, *Les origines intellectuelles de la Révolution française*, nouv. éd., Paris, 1947 ; Id., *La pensée française au XVIII^e siècle*, Paris, 1929 ; P. HAZARD, *La pensée européenne au XVIII^e siècle*, Paris, 1946 ; L. RÉAU, *L'Europe française au siècle des lumières*, Paris, 1938 ; *L'Encyclopédie et le progrès des sciences et des techniques*, Paris, 1952 ; G. BACHELARD, *La formation de la pensée scientifique*, Paris, 1938 ; H. DUBY et H. MANDROU, *Histoire de la civilisation française*, t. II, Paris, 1958 ; C.H. ALEXANDER, *The Leibniz-Clarke correspondence*, Manchester, 1956 ; H. METZGER, *Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton*, Paris, 1988.

مؤلفات تتعلق بمجمل العلوم

Ouvrages touchant à l'ensemble des sciences : Bibliographies précédemment signalées de POGGENDORFF, SARTON et RUSSO. Ouvrages signalés dans les bibliographies précédentes de BOLL, CLAGETT, CROMBIE, DAUMAS, HALL, HANOTEAU, d'IESAY, MAINDRON, MASON, PAPP et BABINI (vol. 8 et 9), PLEDGE ; A. WOLF, *A History of science, technology and philosophy in the XVIIth century*, 2^e éd., London, 1952 ; Die Berliner und die Petersburger Akademie der Wissenschaften im Briefwechsel Leonhard Eulers, 2 vol., Berlin, 1959-1961 ; R. TATON, éd. *L'enseignement et la diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1964.

رياضيات

Mathématiques : Ouvrages cités de AMODEO, ARCHIBALD, BALL, BECKER et HOFMANN, BOUBAKI, BOUTROUX, BOYER, BRAUNMÜHL, BRUNSCHWIG, CAJORI, CANTOR (t. III (1668-1768) Leipzig, 1901 ; t. IV (1769-1799), 1908), CHASLES, COOLIDGE, DEDRON et ITARD, DICKSON, GEYMONAT, HOFMANN, KÄSTNER, LORIA, MONTUCLA, SMITH, TODHUNTER, TROPFER ; E. FUSTER, *Geschichte der exakten Wissenschaften in der schweizerischen Aufklärung (1680-1780)*, Aarau, 1941 ; J. F. SCOTT, *A history of mathematics*, Londres, 1958 ; N. NIELSEN, *Géomètres français du XVIII^e siècle*, Paris, 1934 ; Id., *Géomètres français sous la Révolution*, Paris, 1929 ; J.-B. DELAMBRE, *Rapport historique sur les progrès des sciences mathématiques depuis 1789*, Paris, 1810 ; F. CAJORI, *A history of the conception of limits and fluxions in Great Britain from Newton to Woodhouse*, Chicago, 1931 ; Th. MUIR, *The theory of determinants in the historical order...*, t. I, 2^e éd., Londres, 1906 ; G. LORIA, *Il passato e il presente della principale teoria geometrica*, 4^e éd., Padoue, 1931 ; Id., *Perfezionamenti et evoluzione del concetto di coordinate (Osiris, t. 8)* ; Id., *Storia della geometria descrittiva*, Milan, 1921 ; R. BONOLA, *Non-euclidean geometry*, Chicago, 1912 ; J. L. COOLIDGE, *History of the conic sections and quadric surfaces*, Oxford, 1945 ; D. J. STRUICK, *Outline of a history of differential geometry (Isis, vol. 19 et 20, 1933-1934)* ; *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, vol. I, Bâle, 1955 ; H. AUERTER, *Brook Taylor*, Würzburg, 1937 ; C. TWERDIE, *James Stirling*, Oxford, 1922 ; Id., *The « Geometria Organica » of Colin Maclaurin (Proc. of the Roy. Soc. of Edinburgh, vol. 36, 1916)* ; L. HANKS, *Buffon avant l'« Histoire naturelle »*,

Paris, 1966 ; L. G. du PASQUIER, *Léonard Euler et ses amis*, Paris, 1927 ; R. FUETER, *Léonard Euler*, Bâle, 1948 ; *Briefwechsel Euler-Goldbach, 1729-1764*, Berlin, 1965 ; P. BRUNET, *La vie et l'œuvre de Clairaut*, Paris, 1952 ; R. TATON, *L'œuvre scientifique de Monge*, Paris, 1951 ; G. SAETON, Lagrange's personality (*Amer. phil. Soc. Proc.*, vol. 88, 1944) ; M. STECK, J. H. Lambert. *Schriften zur Perspektive*, Berlin, 1943 ; G. GRANGER, *La mathématique sociale du marquis de Condorcet*, Paris, 1956. (*Œuvres d'EULER* (en cours de publication depuis 1912), de LAGRANGE (14 vol., Paris, 1867-1892), de LAPLACE (13 vol., Paris, 1878-1904), de RUFFINI (3 vol., Palerme, 1915-1954).

ميكانيك

Mécanique : En plus des ouvrages précédemment cités de DUGAS, DUHÉM, JOUGUET, MACH, TODHUNTER : P. E. B. JOURDAIN, *The principle of least action*, Chicago, 1913 ; P. BRUNET, *Maupepertuis*, 2 vol., Paris, 1929 ; Id., *Étude historique sur le principe de moindre action*, Paris, 1938 ; Id., *L'introduction des théories de Newton en France au XVIII^e siècle (avant 1733)*, Paris, 1931 ; R. MARCOLONGO, *Il problema dei tre corpi da Newton (1686) ai nostri giorni*, Milan, 1919 ; J. BERTRAND, *D'Alembert*, Paris, 1889 ; L. L. WHYTE, ed., *Roger Joseph Boscovich...*, Londres, 1961 ; R. GRIMSLEY, *Jean d'Alembert (1717-1783)*, Oxford, 1963.

علم فلك

Astronomie : Les ouvrages précédemment cités de ABETTI, ANDRÉ et RAYET, BAILLY, BIGOURDAN, BOQUET, DANJON et COUDER, DELAMBRE, DOUBLET, HOUZEAU et LANCASTER, KING, LALANDE, MACPIERSON, REPSOLD, WOLF, ZINNER ; R. WOLF, *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur*, 2 vol., Munich, 1891-1893 ; I. TODHUNTER, *History of the mathematical theories of attraction and the figure of the Earth...*, 2 vol., Londres, 1873 ; F. TISSERAND, *Traité de mécanique céleste*, 4 vol., Paris, 1889-1896 ; F. BRUNNOW, *Lehrbuch der sphärischen Astronomie*, 4^e éd., Leipzig, 1881 ; F. R. HELMERT, *Die mathematischen und physikalischen theorien der höheren Geodäsie*, 2 vol., Berlin, 1880-1884 ; F. TISSERAND, Tentatives faites pour déterminer la parallaxe du Soleil (*Ann. Obs. Paris, Mém.*, t. 16, 1882) ; C. A. F. PETERS, Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes (*Mém. Ac. Imp. Sc. Saint-Petersbourg ; sc. math. et phys.*, 5, 1848) ; R. GRANT, *History of physical astronomy*, Londres, 1852 ; E. GUYOT, *Histoire de la détermination des longitudes*, La Chaux-de-Fonds, 1955 ; A. MARCUET, *Histoire de la longitude en mer au XVIII^e siècle*, Paris, 1935 ; W. I. MILHAM, *Time and time-keepers*, New York, 1923 ; H. ANDOYER, *L'œuvre scientifique de Laplace*, Paris, 1922 ; P.-S. LAPLACE, *Précis de l'histoire de l'astronomie*, Paris, 1821 ; LESUEUR, *La Condamine*, Paris, 1911 ; J. MASCART, *Le chevalier de Borda*, Paris, 1919 ; H. WOOLF, *The Transits of Venus, a study of eighteenth-century science*, Princeton, 1954.

فيزياء عامة

Physique en général : Les ouvrages précédemment cités de CAYENNI, CAJORI, DAUMAS, GERLAND et TRAUMULLER, HOPPE, LASSWITZ, MAGIE, POGGENDORFF, ROSENBERGER, USHER, VOLKUNGER ; P. MANTOUX, *La révolution industrielle en Angleterre au XVIII^e siècle*, Paris, 1906 ; P. BRUNET, *Les physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1926 ; T. M. C. SHRELEY, *French inventions in the XVIIIth century*, Univ. of Kentucky, 1952 ; T. H. ASETON, *La révolution industrielle (1760-1830)*, Paris, 1955.

بصريات

Optique : Ouvrages cités dans la Bibliographie de la II^e Partie.

حرارة

Chaleur : E. WOHLWILL, *Zur Geschichte der Erfindung und Verbreitung des Thermometers*

(*Foggeendorff's Annalen*, vol. 124, 1865, p. 163-178) ; F. BURCKHARDT, *Die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im 17. Jahrhundert*, Bâle, 1867 ; ID., *Zur Geschichte des Thermometers, Berichtigungen und Ergänzungen*, Bâle, 1902 ; E. GERLAND, *Das Thermometer*, Berlin, 1885 ; F. ROSENBERGER, *Die Geschichte der Physik*, Braunschweig, 3 Teil, 1882-1900 ; H. C. BOLTON, *Evolution of the Thermometer, 1592-1743*, Easton, Pa., 1900 ; F. CAJON, *A History of physics...*, New York, 1914 ; E. MACH, *Die Principien der Wärmelehre*, Leipzig, 1923 ; D. MCKIE et N. H. de V. HEATHCOTE, *The discovery of specific and latent heats*, Londres, 1935 ; M. R. BARNETT, *The development of thermometer and the temperature concept (Osiris, t. XII, 1956, p. 269-341) ; A. BIREMBAUT, La contribution de Réaumur à la thermométrie (Rev. Hist. Sci., t. XI, 1958, p. 302-329 ; Ibid., in La vie et l'œuvre de Réaumur, Paris, 1962) ; W. J. SPARROW, Knight in the White Eagle. A biography of Sir Benjamin Thompson...*, Londres, 1964 ; W. E. K. MIDDLETON, *A history of the thermometer*, Baltimore, 1966 ; S. C. BROWN, *Benjamin Thompson, Count Rumford...*, Oxford, 1967.

كهرباء ومغناطيسية

Électricité et magnétisme : Ouvrages précédemment cités de BAUER, DAUJAT, GLIOZZI, HOPPE, MOTTELEY, PRIESTLEY, SARTIAUX et ALIAMAT, SIGAUD DE LAFOND, TURNER, WITTAKER ; H. CAVENDISH, *Scientific Papers*, Cambridge, 1921 ; *Collection de Mémoires relatifs à la Physique*, t. I : *Mémoires de Coulomb*, Paris, 1884 ; C. VAN DOEN, *Benjamin Franklin*, New York, 1938 ; I. B. COHEN, *Benjamin Franklin's experiments*, Cambridge, 1941 ; ID., *Franklin and Newton*, Philadelphia, 1956 ; C. WILSON, *Life of Henry Cavendish*, Londres, 1951 ; D. et D. H. D. ROLLER, *The development of the concept of electric charge*, Cambridge, 1954 ; J. TORLAIS, *L'abbé Nollet*, Paris, 1954 ; A. J. BERRY, *Henry Cavendish*, Londres, 1960.

كيمياء

Chimie : Ouvrages précédemment cités de CROSLAND, DELACRE, DUVEEN, FERGUSON, FIERZ-DAVID, HOLMYARD, JACNAUX, LEICESTER et KLUCKSTEIN, LIPPMANN, METZGER, OSTWALD, PARTINGTON ; M. BERTHELOT, *La révolution chimique. Lavoisier*, Paris, 1899 ; E. GRIMAU, *Lavoisier*, 3^e éd., Paris, 1899 ; T. E. THORPE, *Priestley*, New York, 1906 ; J. R. PARTINGTON, *The composition of water*, Londres, 1928 ; H. METZGER, *Newton, Stahl et Boerhaave*, Paris, 1930 ; J. R. PARTINGTON et D. MCKIE, *Historical studies on the phlogiston theory (Annals of science, vol. 2-4, 1937-1939) ; D. MCKIE, Lavoisier*, New York, 1952 ; ID., *La chimie au XVIII^e siècle avant Lavoisier*, Paris, 1958 ; M. DAUMAS, *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris, 1955 ; D. I. DUVEEN et H. KLUCKSTEIN, *A bibliography of the works of Antoine-Laurent Lavoisier*, Londres, 1954 (*Supplement...*, 1955) ; H. GUERLAC, *Joseph Black and fixed air (Isis, vol. 48, 1957) ; ID., Lavoisier...*, Ithaca, 1961 ; A. J. BERRY, *Henry Cavendish*, Londres, 1960 ; O. ZECKER, *Carl Wilhelm Scheele*, Stuttgart, 1963 ; F. W. GIBBS, *Joseph Priestley*, Londres, 1965.

بيولوجيا عامة

Sciences biologiques en général : Les ouvrages précédemment cités de CANGUILHEM, CAULLERY, CUVIER, GUYÉNOT, LOCY, MENDELSON, NORDENSKIÖLD, RÄDL, ROSTAND, SINGER ; L. C. MIAL, *The early naturalists*, Londres, 1912 ; D. MORNET, *Les sciences de la vie au XVIII^e siècle*, Paris, 1931 ; R. SAVIOZ, *La philosophie de Charles Bonnet*, Paris, 1948 ; P. OSTOYA, *Les théories de l'évolution*, Paris, 1952 ; J. ROSTAND, *Les origines de la biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani*, Paris, 1951 ; ID., *L'atomisme en biologie*, Paris, 1956 ; L. SPALLANZANI, *Epistolario*, 5 vol., Florence, 1959-1964 ; J. ROGER, *Les sciences de la vie dans la pensée française du XVIII^e siècle. La génération des animaux de Descartes à l'« Encyclopédie »*, Paris, 1963 ; P. C. RITTERBUSCH, *Openures to biology ; the speculations of eighteenth century naturalists*, New Haven, 1964. Mentionnons enfin la *Correspondance* de HALLER en cours d'édition sous la direction de E. HINTZSCH.

فيزيولوجيا وتشريح (حيوان)

Physiologie et anatomie animales : Les ouvrages précédemment cités de CANGULHEM, CROULANT, COLE, FOSTER, FULTON, ROTHSCHUH, SINGER ; H. BORUTTAU, *Geschichte der Physiologie*, in *Handbuch der Geschichte der Medizin*, de Th. PUSCHMANN, éd. par NEUBURGER et PAGEL, Iéna, 1903, t. I ; J. F. FULTON, *Muscular contraction and the reflex control of movement*, Baltimore, 1926 ; E. BASTHOLM, *The history of muscle physiology...*, Copenhagen, 1950 ; VI. KRUTA, *Med. Dr. Jiri Prochaska*, Prague, 1956 ; Ch. Mc. C. BROOKS et P. E. GRANFIELD, éd., *The historical development of physiological thought*, New York, 1959 ; K. E. ROTHSCHUH, *Von Boerhaave bis Berger ; die Entwicklung der Kontinentalen Physiologie in 18. und 19. Jahrhundert*, Stuttgart, 1964.

طب

Médecine : Ouvrages précédemment cités de BARIÉTY et COUNY, BORDEU, CASTIGLIONI, DAREMBERG, DELAUNAY, DIEPCEN, GARRISON, GARRISON et MORTON, GUIART, GUITARD, HUARD et GRONK, KREMERIS et URDANG, LAIGNEL-LAVASTINE, LECÈTE, PORTAL, REUTER de ROSEMONT, SINGER et UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF ; N. F. J. ELOY, *Dictionnaire historique de la médecine*, 4 vol., Mons, 1778 ; P. J. G. CABANIS, *Coup d'œil sur les révolutions et sur la réforme de la médecine*, Paris, 1804 ; rééd., 1956 ; J. LORDAT, *Exposition de la doctrine médicale de P.-J. Borthes*, Paris, 1818 ; P. DELAUNAY, *Le monde médical parisien au XVIII^e siècle*, Paris, 1906 ; F. C. O. DREWITT, *The life of Edward Jenner*, 2^e éd., Londres, 1931 ; L. S. KING, *The medical world of the 18th century*, Chicago, 1958 ; B. RAMAZZINI, *Epistolario*, Modène, 1964.

زولوجيا

Zoologie : Les ouvrages précédemment cités de ANKER, BOURIER, CARUS, HALL, NISSEN, PETTI et THÉODORIDÈS, THÉODORIDÈS ; P. FLOURENS, *Histoire des travaux et des idées de Buffon*, Paris, 1844 ; S. d'IRISAY, *Albrecht von Haller*, Leipzig, 1930 ; J. TORLAIS, *Réaumur*, Paris, 1936 ; 2^e éd., 1961 ; J. R. BAKER, *Abraham Trembley*, Londres, 1952 ; R. HEIM, éd., *Buffon*, Paris, 1952 ; J. PIVETEAU, *Buffon. Œuvres philosophiques*, Paris, 1953 ; W. H. VAN SETERS, *Pierre Lyonet...*, La Haye, 1962 ; Divers, *La vie et l'œuvre de Réaumur*, Paris, 1962.

علم نبات

Botanique : Les ouvrages précédemment cités de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE GREEN, JESSEN, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, OLIVER, REED, SACHS ; S. HALES, *Vegetable Statics*, Londres, 1927 ; rééd. 1961 (trad. fr. par BUFFON, 1735) ; M. DAUDIN, *De Linné à Jussieu. Méthodes de la classification et idées de série en botanique et en zoologie*, Paris, 1926 ; A. E. CLARK-KENNEDY, Stephen Hales, Cambridge, 1929 ; H. F. ROBERTS, *Plant hybridisation before Mendel*, Princeton, 1929 ; A. CHEVALIER, *Michel Adanson*, Paris, 1934 ; B. H. SOULSBY, *A catalogue of the works of Linnaeus...*, Londres, 1933 ; C. ZIEKLE, *The beginnings of plant hybridisation*, Philadelphie, 1935 ; K. HAGBERG, *Linné, le roi des fleurs*, Paris, 1944 ; H. REED, *Jan Ingenhousz*, Waltham, 1949 ; H. C. CAMERON, *Sir Joseph Banks*, Londres, 1952 ; N. COURRIE, *The Prince of Botanists*, Londres, 1953 ; N. SANDBERG et W. HEIMANN, *A catalogue of the works of Linnaeus*, Stockholm, 1957 ; *Linné, exposition au Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, 1957 ; E. et D. S. BERKELEY, John Clayton, *Pioneer of American Botany*, Durham, 1963 ; Divers, *The Bicentennial of Michel Adanson's Familles des Plantes*, 2 vol., The Hunt Botanical Library, 1963-1964 ; A. R. STEELE, *Flowers for the King*, Durham, 1964 ; R. C. OLBY, *Origins of Mendelism*, Londres, 1966 ; W. T. STEARN, *Botanical Latin*, Londres et Edinbourg, 1967.

علم الأرض.

Sciences de la Terre : Ouvrages précédemment cités de ADAMS, GEIKIE, von GROTH, MATHER et MASON, MEUSNIER et von ZITTEL ; L. AUFRÈRE, *Le relief et la sculpture de la Terre. Soulèvements*

et son secret, Paris, 1952 ; de LA MÉTHERIE, *Théorie de la Terre*, 5 vol., Paris, 1797 ; Commemoration of the 150th anniversary of the death of James Hutton (*Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. 68, 1950) ; A. LACROIX, Ch. MAUGUIN, J. ORCEL, « René-Just HAÛY, Centenaire » (*Bull. Soc. fr. Minéralogie*, vol. 67, 1944) ; J. ORCEL, Essai sur le concept d'espèce et les classifications en minéralogie et pétrographie (*ibid.*, vol. 77, 1944) ; R. HOÛYKAAS, *La naissance de la cristallographie en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1953 ; ID., Les débuts de la théorie cristallographique de R. J. Haüy... (*Rev. Hist. Sci.*, t. 8, 1955, pp. 319-37).

القسم الرابع :

العلوم خارج أوروبا

بعد الاقسام الثلاثة الاولى من هذا الكتاب المخصص لدراسة التقدم العلمي في أوروبا الغربية بين 1450 و1800 . يتوجب أن ندرس المصير الذي عرفه العلم خارج أوروبا . لا شك أنه بخلاف هذه الحقبة ، كان التقديم الغربي من الاهمية بمكان ، حتى أنه بعد المقارنة ، يبدو تقديم المناطق الاخرى من العالم ، تافهاً تقريباً . فضلاً عن ذلك ، أن سياسة الاستكشاف ، والتوسع والاستعمار التي اتبعتها الدول الرئيسية في أوروبا الغربية ، ادت الى انتشار واسع للعلم وللتقنية الغربيين انتشار مهد لقيام ، بخلاف القرن 19 و20 ، علم كوني شامل عملياً .

إلا أن بعض الأمثلة تبدو متميزة بما فيه الكفاية وذات أهمية ، الامر الذي يبرر دراستها . في حين قامت في الشرق الأقصى منافسة ، خصبة بالأحداث ، تعارض العلم الغربي المستورد بالعلم الوطني المحلي ، في البلدان الخاضعة للتأثير الهندي أدت سيطرة العناصر الاصولية التقليدية الى ترك كل بحث أصيل ، والمحافظة على علم جامد في محتواه وفي اطره الوسيطية .

وفي مختلف مناطق أميركا ، قام الاستعمار الاوربي ، بعد أن دمر وقضى على الحضارات ما قبل كولومبوس باستكشاف واستغلال الثروات الضخمة الطبيعية التي لم تكن بعد قدمت ، مع ادخال النظم والمؤسسات الثقافية الجديدة بصورة تدريجية ، مما أتاح للعالم الجديد أن يساهم ويشارك في الحياة العلمية الناشطة .

وتقتصر دواستنا هنا ، على هذه المناطق الثلاث المهمة . ذلك أن النشاط العلمي للشعوب الاسلامية وإن بدا مهماً وجديراً بالاهتمام . إلا أنه كان أقل اشراقاً بالمقارنة ، مما كان عليه في القرون الوسطى . فضلاً عن ذلك أن يقظة هذه الشعوب على العلم الحديث ، جاءت متأخرة جداً ولذا لا تدرس إلا في المجلد التالي .

الفصل الأول :

العلوم في الشرق الأقصى في القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

لقد احتفظ العلم الصيني - حتى نهاية القرن السادس عشر ، على الرغم من العلاقات الأكثر عدداً عما كان يظن ، مع الثقافات الأخرى في العالم القديم - بكل الخصائص الأصلية في الثقافة الصينية .

وبالعكس ابتداء من سنة 1583 ، تاريخ وصول الفلكي والرياضي اليسوعي ماتيو ريشي -Matteo Ricci إلى الصين ، أخذت العلوم الحديثة الناشئة في الغرب تدخل إلى الصين ثم إلى اليابان .

وهكذا فتحت أمام الشرق الأقصى ، والهند والعالم العربي ، عملية بطيئة وصعبة عملية اندماج في العالم العلمي الحديث . عملية سوف تنتشر عبر ثلاثة قرون وأكثر ، لتستكمل في أيامنا فقط ، وسوف تؤدي ، في الأمد البعيد ، إلى تكوين ثقافة علمية عالمية فريدة ، بدلاً من الثقافات العلمية الإقليمية التي كان تواجهها المتناس قد ميز العصور السابقة .

هذه العملية التفاعلية قد تدرجت بشكل مختلف نوعاً ما في الصين واليابان . وسوف تدرس بالتتابع في كل من هذين البلدان

1 - الصين

التقدم اليسوعي إلى الصين في القرن السابع عشر والثامن عشر - إن إدخال العلم الحديث إلى الصين سوف ينتج عن أسلوب « القلب عن طريق النخبات » ، وهو أسلوب اختاره المبشرون اليسوعيون ، من أواخر القرن 16 . فقد فكر « الآباء » يومئذ أنه من الممكن إظهار تفوقهم الفكري في مجالات غير دينية ، ثم استخدام الهيبة المكتسبة هكذا لغايات دينية .

وكان المثل قد قدمه ماتيو ريشي (1552-1610) الذي أقام في بادئ الأمر ، في الصين الجنوبية ثم ابتداء من سنة 1601 في بلاط أباطرة منغ في بكين ، حيث كان يقدم في القصر ، وبأين معاً ، الترجمات الرياضية ، وأعمال الخرائط ، ودروس علم الفلك . وقام بمساعدته مثقفون ردهم إلى دينه ، تولوا تدوين الكتب العلمية الأولى الحديثة ، لنشرها باللغة الصينية . ومات سنة 1610 ، ولكن خلفاءه ظلوا

على علاقة طيبة مع أباطرة منغ ، واستمروا في ترجمة وفي تعليم العلوم العصرية كما هي مطبقة في الغرب في زمنهم . وفي سنة 1644 عندما حلت أسرة المانديشو من آل تسنغ (Tsing) محل المنغ Ming بقيت العلاقات جيدة ، وتولى الألماني سكال فون بل Schall Von Bell إدارة المركز الامبراطوري لعلم الفلك . ورغم جهود علماء الفلك المسلمين الذين كانت سيطرتهم غالبية حتى ذلك الحين في البلاط ، فإن مساعد بل ، واسمه فريبيست Verbiest ، هو الذي تولى سنة 1669 إدارة المكتب الفلكي الذي احتفظ به أخوته في الدين حتى نهاية القرن 18⁽¹⁾ . وفي البلاط عند الاباطرة الكبار المانديشو كانغهي K'ang-Hi (1662-1722) وكيان لونج Kien-Long (1736-1796) بنى اليسوعيون الطليان والألمان والبولونيون والفرنسيون خاصة آلات الفلك ، ونظموا الخرائط للامبراطورية ، ونشروا تراجم عديدة . وعالج الاب فونشاني كانغهي Fontaney K'anghi بالكيما المجلوب من فرنسا . وكلف ب جريبون P.Gerbillion بالتفاوض باسم الامبراطور بشأن معاهدة نرتشنسك مع روسيا (1689) . وبالمقابل سمح لهم بالقيام بنشاطات انجيلية يبدو إنها لم تكن مثمرة بمقدار نشاطاتهم العلمية . ولكن حل « جمعية يسوع » ، في أواخر القرن الثامن عشر ، وكذلك التدابير التضييقية التي أخذت الحكومة الصينية باتخاذها يومئذ تجاه الاجانب ، ولجّعت نهاية لهذا الدور الثقلي العلمي الذي لعبه ، طيلة قرنين المبشرون اليسوعيون . ونقدم عن هذه الأعمال الثقيلة جدولاً مختصراً .

من المعلوم أنه على أساس خط الاستواء السماوي ، لا على أساس الاهليلج ، بنى الصينيون ، من القرون الوسطى ، علم فلك كمي ذي موقع متقدم جداً ، مع احتفاظهم بأفكارهم القديمة حول السماء الواسعة الفادغة ، المحتوية على نقاط نور . أما اليسوعيون ، فبالعكس ، في دروسهم وتراجمهم ، فقد ادخلوا النظام الوحيد المقبول في أوروبا زمن ريشي ، وهو نظام بطليموس : كرات وحيدة المراكز ، تحمل مختلف الكواكب ؛ وفلك البروج المتخذ كأساس للحسابات الفلكية . وظلوا أمناء له فيما بعد رغم تقدم علم الفلك الاوروبي في القرن السابع عشر والثامن عشر ، لأسباب سوف نعود إليها .

إن المثة فصل ، في الانسيكلوبيديا الفلكية لسكال Schall ، سنة 1645 ، ظلت تتركز على المبادئ البطليموسية ، وكذلك (حتى في سنة 1738) بقيت أيضاً المباحث الصينية في علم الفلك التي وضعها ب كوغلر Koegler وب بيريرا Pereira .

وفي تقنية الملاحظات الفلكية ، لم تكن المقدمات اليسوعية اقل ضخامة : أساليب أكثر دقة

(1) إن أشهر المدراء اليسوعيين ، في « المكتب الامبراطوري الفلكي » (وليس الرؤساء ، كما يدعي بعض المؤرخين المحمولين على المبالغة في إضفاء الأهمية على دور اليسوعيين ، لأن هؤلاء لم يتوصلوا أبداً إلى حل هذا اللقب) هم : فريبيست Verbiest (1669-1688) ، غريمالدي Grimaldi (1688-1712) كوغلر Koegler (1720-1746) دي هالرستين De Hallerstein (1746-1774) ، الميدا Almeida (1783-1805) .

لحساب الكسوفات ، بناء المرصد (وكان أول مرصد قد أدخل سنة 1618 على يد ب. شرك Schreck أو تيرنتيوس Terrentius) وغيرها من الآلات الأخرى العديدة ، وكذلك وضع كرات مسطحة Plamisphere سماوية مثل كرات سكيال ، وفيها بعد ، كرات كوغلر Kogler ، مراجعة الروزنامة الصينية وفقاً لنظام مختلط - قمري - غريغوري .

ولكن في بعض الحالات ، كما في بناء الكرات المحلقة المركزة على فلك البروج ، لم تكن هذه التجديدات من قبل اليسوعيين تقدماً علمياً بحق ، بل كانت في الواقع تدبيراً تقهقرياً بالنسبة إلى علم الفلك الاستوائي المتبع منذ زمن بعيد من قبل الصينيين⁽¹⁾ .

وفي الرياضيات نشر اليسوعيون عدداً مهماً أيضاً من الترجمات ومن المجمعات باللغة الصينية . وقد حرر ريشي بنفسه سنة 1607 ، بالتعاون مع المثقف المسيحي لي تشي تساو Li Tche-Tsao ، كتاباً صغيراً في المثلث القائم (كيو كوي) ؛ وترجم بذات السنة بمساعدة بول سيو كوانغ كي Paul Siu Kouang-K'i الكتب الستة الأولى لافليدمس ، المتعلقة بالهندسة المسطحة (كي - هويوان بن) . ونشر ب. رو P.Rho ، سنة 1628 ، كتاباً في التحليل النيبيري [نسبة إلى نيبير مخترع اللوغاريتمات الطبيعية] ، أكمله سموغولنسكي Smogolenski وسي فونغ تسو Sie Fong-Tsou سنة 1654 ، بجداول جديدة في اللوغاريتمات . ونشر ترنتيوس Terrentius سنة 1631 كتاباً في علم المثلثات . وفي القرن 18 ، كان جارتو Jartaux أفضل عالم رياضي يسوعي فوضع سنة 1701 تسع صيغ مميزة حول السنابل اللامتناهية .

وفي الفروع العلمية الأخرى ، لم يكن اليسوعيون أقل نشاطاً في إدخال المعارف الجديدة إلى الصين في عصر النهضة الغربي . وحرر تيرنتيوس Terrentius سنة 1625 « مختصراً للجسم البشري » ، ونشر بارينان Parrenin في مطلع القرن 18 « الكوائج » « التشرح المناشؤ » ، مستلهماً رسوم « تشرح الإنسان بحسب دورة الدم » ، المنشورة في باريس سنة 1690 من قبل ديونيس Dionis وأقام المبشرون في قصر كيانغ هي مختبراً للصيدلة ، حيث كانوا يعملون مسترشدين بكتاب الاجزائيات لفرنسوا موزيز شارام (1619-1698) .

وترجموا أو جمعوا أيضاً كتباً حول المنظورات (1626) ، وحول الهزات الأرضية (1626) و (1679)

(1) والصراع الذي قام ، في السنوات الأولى من حكم السلالة المنشوية ، بين سكال وفريست Schall et Verbiest والفلكيين المسلمين في بكين كان يدور حول هذه النقطة . وكان اليسوعيون يأخذون على المسلمين أخطاءاً في الروزنامة ، في حين أن حسابات هؤلاء المركزة على معطيات إرسادية ، كانت بالضرورة مختلفة عن معطيات اليسوعيين المركزة على فلك البروج . إنما لدوافع سياسية فقط عمد الأمبراطور الشاب كانغ - هي ، الحريص على التخلص من وصاية القيمين عليه ، ويأمل زعزعة الفلكيين الرسميين في البلاط الذين كانوا يدعمون هؤلاء القيمين ، إلى إعطاء الحق لليسوعيين سنة 1669 ، رغم ضعف وثافت وجهات نظرهم من الناحية العلمية .

وحول الترمومتر (1671) وحول الضوء والاصوات (1617) وهكذا دخلت الى الصين لوالب ارخيدس التي كانت غير معروفة فيها يومئذ . ولتسليّة كانغ هي Kang-Hi صنع المبشرون الملحقون بالقصر بلبلاً يستطيع الغناء بفضل نافورات من البخار تمر في أنابيب أورغ ، وعربة وقارباً صغيراً يتحركان بتورينيات بخارية (حققت سنة 1671 من قبل ب. غريمالدي P. Grimaldi) وساعات ذات محركات متعددة .

وقد علّق كانغ - هي وكين لونغ Kang-Hi et Kien-Long ، لاسباب سياسية ، أهمية خاصة على القدرات الجغرافية لدى الآباء . ومنارت مجموعة من صانعي الخرائط اليسوعيين ، مع كلنغ - هي ببلادترتاريا ، وغطيت الصين كلها بالمثلثات بين 1708 و1717 . وقاس ب. توماس في سنة 1702 في الصين درجة خط الطول الارضي ونشرت خارطته سنة 1718 ، من 35 ورقة محفورة على الخشب . وفي أيام حكم كينغ لونغ ، سنة 1769 قام ستة خرائطيون يسوعيون برسم آسيا الوسطى على خارطة صينية كبرى من 104 ورقات ، ظلت حتى القرن التاسع عشر أفضل من الاعمال الاوروبية المماثلة .

حدود هذا التقديم - إذا كان هذا التقديم العلمي من جانب اليسوعيين ملفتاً بضحامته ، فانه يتميز بالدرجة الاولى بأفضلية الاهتمامات الدينية لدى مؤلفيه . فالمبشرون لم يدخلوا علوم الغرب الحديثة إلا لانهم كانوا يأملون باستجلاب الامبراطور والقادة في الامبراطورية الى دينهم . وفي نظريهم تكمن قيمة العلم الحديث في نشأته المسيحية لا في تفوقه الذاتي على العلم الصيني الوسيط . وهنا يوجد إشكال اساسي . فسكال Schall سمى (« كتاب علم الفلك والرزنامة بحسب الاساليب الجديدة في الغرب ») ، موسوعته الكبرى الفلكية لسنة 1645 . ولكن كنغ هي طلب عند اعادة طباعة هذا النص ، تغيير هذا العنوان . إيداله بالتالي : « كتاب في الرياضيات بحسب الاساليب الجديدة » . وبين الامبراطور بالتالي عن رغبته في الاستفادة من معارف الغربيين ، فقط لانها أكثر تقدماً (حرفياً) من علوم الصينيين ، وليس لانها تثبت تفوق الغرب عموماً (حرفياً) ⁽¹⁾ . ولكن المبشرين استمروا يماهون الدين المسيحي والعلم (الغربي) وترددوا من هذه الناحية في اعطاء الصينيين علماً بالتحويلات الجديدة في العلم الغربي في أوروبا (رغم ضخامة هذا التحول طيلة هذين القرنين ، وذلك خشية رمي الشكوك ايضاً في عقيدتهم الدينية) .

من هنا المعنى العميق للمحافظة العنيدة على البطليموسية : ان نظام غاليلي (رغم نقضه من قبل الكنيسة) كان لاحقاً لأعمال ريشي Ricci في الصين ، وكان إذاً يضع الشك في مجمل تعاليم هذا الاخير ، بما فيها المجال الديني . أليس من الغريب الملفت أنه في الوقت الذي نخل فيه تيكونو براهي Tycho Brahé في أوروبا عن الدوائر البروجية ميلاً الى الدوائر الرصدية ، توصل ريشي Ricci

(1) كتب سكال في رسالة بتاريخ تشرين الثاني 1640 « أن كلمة (إذا) الغربية غير مقبولة لدى الصينيين ، والامبراطور في إراداته لا يستعمل إلا كلمة (جديد) : الواقع أن الكلمة الأولى لم يستعملها إلا الذين يريدون اهانتنا » (ذكرها هـ . برنار متر H. Bernard - Maître مونومتنا سريكا ، 1937 ، 3) .

الى اقناع الصينيين بالعدول عن هذه الدوائر التي كانوا يعرفونها من عدة قرون ، والعودة الى نظام فلك البروج . هذا العجز الذي اظهره اليسوعيون في تتبع الحركة العلمية في الغرب ، بدا في عدة مناسبات . من ذلك ، في سنة 1710 ، اقترح ب . فوكيه P.Fouquet تحسين أساليب الحساب المستعمل في بكين ، وذلك بادخال الجداول الجديدة التي وضعها لاهير La Hire في باريس . ولكن ب فيزيتور P. Visiteur رفض : « حتى لا نظهر بمظهر من يخطئ ما جهد سابقونا في اقراره ، وحتى لا نفسح المجال أمام اتهامات جديدة ضد الدين »⁽¹⁾ .

من المستحيل تجاهل هذه الصفة الجامدة جزئياً والمتحجرة ، فيها قلمه اليسوعيون من علم الى الصين⁽²⁾ .

وقد سبق ورأينا ، وخاصة في مجال العلم التطبيقي أن اليسوعيين « اطلعوا » الصينيين على العلم الحديث يومئذ : أعمال حول المثلثات في القرن الثامن عشر ، الكينا ، العربية البخارية لغريمالدي Grimaldi ، الجداول التشرحية ..

وانحى تكتيك التسوبب الديني المختار من قبل اليسوعيين ، من جهة أخرى الى الحد من نطاق نشاطهم العلمي وقصره على البلاط . إذ كان مهمهم استجلاب الامبراطور (وكان كنفه هي عبقرية موهوبا) ، ثم تسليته بتجارب وآلات مسلية ، ثم ربطه والسيطرة عليه بفعل الشفاء الموفق ، ومساعدته في حسن سير الجهاز الحكومي وذلك بوضع خرائط أفضل أو بتحسين الرزنامة . ولكن كل هذا ظل محصوراً في بكين ، حتى في « المدينة المنوعة » ، بين كبار الموظفين والمخاصي .

اي بعيداً عن المناطق في باس ينغ - تسي Bas-Yangtsé (شيكيان ، أنهو ، كيانغ - سو Che-kiang, Anhouei, Kiangsou) . أو في كوانغ تونغ Kouangtong التي كان تقدمها الاقتصادي هو الاكثر بروزاً في الصين ، وحيث كانت هناك نواة إنتاج رأسمالي . وإذا بعيداً عن الطبقات في المجتمع الصيني ، حيث ثمار العلم الحديث كان يمكن أن تخصب بشكل أفضل . ثم يجب أن نلاحظ أن ريشي Ricci ، قبل أن يصل الى البلاط الملكي ، اختار لفترة معينة هذه المناطق كمركز لنشاطاته . اذ بين التجار في تشاوسينغ فو ، قرب كنتون ، اختار أن يبني أول كرة مسطحة له . ثم علم فيها بعد في نانت - شنج ثم في نانكين ، في منطقة باس - ينغ تسي . كتب يقول في رسائله : « كان التجار يأتون نحوه بالاعداد » وكذلك مثقفو هذه المناطق الاكثر نشاطاً . وكان أفضل معاونيه الصينيين من بين هؤلاء ، وبخاصة بول سيو كوانغ كي Paul Sui Kouang-K'i وهو من ضاحية شنغهاي . ولكنه تحلى

(1) ذكرها ل . بفيستر L. Pfister : ملاحظات بيوغرافية وبيبلوغرافية حول اليسوعيين في البعثة التبشيرية القديمة في الصين ، شنغهاي Changhai ، 1932 ، ص 551 .

(2) هذا الرأي هو أيضاً ما يأخذ به ج . ل . ديفنداك J. J. L. Duyvendak (تونغ باو Tong Pao ، 1948 ، ص 328) : « إن الصين ، عندما تلقت العلم الغربي ، تلقت بشكل بدا فيه عتقاً ومتأخراً ، مبدئياً » .

سريعاً ، الى بكين ، عن هذه المناطق حيث كان يمكن أن يوجد قاعدة اجتماعية أكثر ميلاً الى انتشار العلم الحديث . وقلده خلفاؤه . والعربة البخارية التي بناها غريمالدي سنة 1671 لم يعلن عنها إلا لسد فضول رجال البلاط الكسالى . وهذه التقديرات اليسوعية ، بحكم صفتها بالذات لم تكن مؤهلة إلا لانتشار ضعيف .

انتشار التقديرات العلمية اليسوعية في الصين . الى اي حد استطاع العلماء الصينيون تمثيل المعارف العلمية الغربية التي جلبها اليهم اليسوعيون ؟ وإلى أي مدى هضموا هذه التقديرات في أعمالهم وفي ممارستهم العلمية ؟ ، نظراً لانعدام الاعمال المتاحة من الصعب الاجابة على هذا السؤال ، وأصعب منه وضع كتلوع بتقديرات اليسوعيين بأنفسهم . ويجب أن نكتفي هنا بالإشارة الى بعض المؤشرات الجزئية .

في بكين تمثل الفلكيون الصينيون من المجمع الامبراطوري الفلكي « كين تين كين » أساليب زملائهم من الغرب : رأينا أن سي فونغ تسو Sie Fong-Tsou ، تلميذ اليسوعي سموغولنسكي Smogolenski قد وضع أول كتاب صيني خالص ، يستعمل اللوغاريتمات النبرية : إنه معالجة لحساب الكسوفات نشر سنة 1650 . واستفاد الفلكيون الصينيون من الآلات الجديدة المجلوبة من أوروبا ، وفي سنة 1757 ظهر في بكين كاتالوغ صيني فيه 3083 كوكباً ثابتاً ، وقد أنجزه بالتعاون ب كوغلر P. Koegler وب.روكا et da Rocha مع ليوسونغ لينغ Lieou Song-Ling . وقام بعض الفلكيين الصينيين ببحث أصيل حول أساس المعطيات التي جاء بها اليسوعيون . وبعد 1640 ، نشر ونغ سي تشان Wang Si-Tchan كتابه « تحليل حركات الكواكب الخمسة » (هوسينغ هنغ تو كمي) كما نشر نقداً لنظام بطليموس ، وفضل عليه نظاماً قريباً من نظام تيكونبراهي Tycho Brahé وقوامه الكواكب الدائرة حول الارض والارض حول الشمس دون أن يعرف أو يطلع . على أعمال هذا الاخير . وعاد شنج ب. أول Ch'eng Pai-eul في القرن الثامن عشر الى نفس النظام .

وإذا فالعلماء الصينيون لم يندمجوا ببساطة بعلم الفلك الذي جاء به اليسوعيون . ففي الموسوعة الكبرى التي جمعت أيام ملكية كانغ هي من قبل المثقف تشن من لي Tchen Meng-Lei التي تضمنت « جميع الكتب والصور القديمة والحديثة » أعيد طبع من فالي شو لسكال Schall وفريست Verbiest . ولكن أيضاً مع كاتالوغات النجوم وفقاً للكوسمولوجيا القديمة الصينية مع لوائح قديمة بالكسوفات والمذنبات ، وتاريخ لأقدم الآلات الصينية في علم الفلك .

وفي مجالات أخرى أيضاً تعايشت التقديرات الغربية والتراث الصيني جنباً الى جنب . وحرر بول سيو كوانغ كي Paul Siu Kouang-K'i المثقف المسيحي صديق ريشي كتاباً في الاغرونوميا (هو نونغ تشنغ سيوان شو) ونشر سنة 1639 ، واعيد نشره سنة 1742 وسنة 1843 . وقد استلهم فيه الكتب القديمة الصينية الزراعية ، ولكنه لم يهمل دراسة اليسوعي اورميس حول الماكينات الهيدروليكية في الغرب . وكذلك اشتهر رسامون صينيون من القرن السابع عشر أمثال تساو بنغ تشن Tsiao Ping-Tchen حاولوا أن يرسموا وفقاً لقواعد المنظور الغربي التي ادخلها اليسوعيون . في حين أن غالبية

الرسامين ظلوا أمناء للمنظور الصيني التقليدي .

ولكن في مجال العلوم الرياضية بشكل خاص ، يمكن إدراك مقدار النقص في الاندماج بين العلم الحديث والعلم الصيني التقليدي . إن الموسوعة الكبرى العلمية التي نشرت سنة 1723 بناء لامر كنغ بالذات ، وعنوانها « ليوي يوان » = بحار الحسابات الرزنامية ، كتبها المثقفان هو كوسونغ لو Ho Kyou-Tsong ، مي كوتشنغ Mei Kou-Tch'eng وكذلك العديد من المعاونين ، وتضمنت أوسع مكان للأعمال الحديثة ؛ والقسم الثاني منها خصص للتصاعديات ، وللعمليات الحسابية ، وللجذور التربيعية ، وللحسابات التريغونومترية ، وللوغاريثات ، المعروضة على الطريقة الأوروبية . أما القسم الثالث المتعلق بنظرية الموسيقى وبآلات الموسيقى الصينية والغربية فهو بصورة مباشرة من صنع ب. بيريرا P.Pereira (يسوعي) وب. بيدريني P.Pedrini (عزارى) .

وانطلاقاً من هذه العناصر الغربية أكمل العديد من الرياضيين الصينيين بحوثاً أصيلة . فنشر الفيلسوف تي تشن Tai Tchen (1774-1777) كتاباً كبيراً حول الآلات ذات المروحة مستوحى من تفحص حياة ارخميدس . وحرر أيضاً ، وهو ابن 20 سنة ، كتاباً ضخماً في العيدان النيسرية للحساب . ولف المنشو منغانتو Mingantou الذي كان في القرن الثامن عشر رئيس مكتب علم الفلك انطلقاً من معادلات جارتو Jartoux حول السلاسل اللامتناهية : « طريقة سريعة لتحديد مساحة المقاطع » (كويوان مي شوي تي فا) . وفيها يعرض مثلاً ، لحساب الوتر في قوس لا متناهي الصغر وخاص ، المعادلة التالية :

$$a = c + \frac{1}{3.4} c^3 + \frac{9}{5.4^3} c^5 + \frac{228}{7.4^5} c^7 \dots$$

وكذلك تونغ يوتشنغ Tong Yeon-Tch'eng (1791-1823) ، مستعيناً هو أيضاً بمعادلات جارتو Jartoux ، حسب محيط الاهلياج : (حيث a تساوي المحور الكبير و b المحور الصغير)

$$\text{نصف المحيط} = (n^2 - b^2) + (1/2) b \pi n^2$$

نهضة العلم التقليدي - ولكن بفعل عملية ارتدادية ادى دخول العلوم الرياضية الغربية الى الصين ، وبذات الوقت الى قيام نهضة في العلوم الرياضية الصينية القديمة .

فمنذ العصر المغولي فقد المثقفون الصينيون ذكروا الرياضيين الكبار في ازمته هان ، تان ، وسونغ بصورة خاصة ، وهي حقبة كانت قادرة في الماضي على معرفة القيمة الصحيحة لـ π ، ومعرفة نظرية الاعداد السلية ، والمثلث الحسابي ، وجبر أصيل مستكمل هو تين يوان .

ولكن في القرن السابع عشر ، تردد المثقف مي ون تن Mei Wen- (1635-1721) وهو بدرس بانتباه كتب اليسوعيين في الرياضيات ، في أن يرى فيها تجدييدات حققة . وهكذا توصل الى استعادة النصوص التي غطاها النسيان ، نصوص الرياضيين سونغ حول الجبر مثلاً . وتمت العودة الى مخطوطاته غير المنشورة ، في القرن 18 ، من قبل حفيده مي كوتشنغ ، وهو واحد من محرري الموسوعة العلمية لكائغ هي . ونشرت هذه المخطوطات تحت عنوان « لآلي عثر عليها في النهر الاحمر » (تشي

شوي بي لنغ) . وبعد العالمين مي Mei قام رياضيون آخرون فأحيوا الرياضيات القديمة الوطنية : ومنهم لي جوي Lijouei ، الذي كتب في القرن 18 كتاباً كبيراً حول الجذور الحقيقية والخيالية مرتكزاً على مبادئ تين يوان ؛ ثم كونغ كي هان Kong Ki-Han الذي أعاد نشر كتاب الحساب من زمن هان Han ؛ ولوشي لن Loche-Lin الذي عثر على نسخة قديمة من كتاب سي يوان يوكين (المرأة الثمينة للعناصر الأربعة) ، وهو كتاب رياضي من الحقبة المغولية فشره .

وفي القطاعات مثل قطاع الطب أو الجغرافيا كان تقديم اليسوعيين ذا تأثير أكثر ضعفاً أيضاً فقد ظل اليسوعيون في القرن الثامن عشر يجمعون الموسوعات الطبية ، في حين كان بارينان Parrenin ينشر ألواح « التشريح المنشوي » . وكانت هذه الموسوعات لا تحتوي إلا الوخز بالإبر والتشخيص عن طريق النبض وغيرها من التقنيات التقليدية : مثل ذلك في سنة 1749 « كاو تسونغ بوتونغ بي تسونغ ، كين كيان » (« المرأة الذهبية في الطب » ؛ ومرسوم ذو استلهم تقليدي ، يقضي على أطباء البلاط ، في سنة 1734 بوجوب تقديم التضحيات الطقوسية لصالح الأطباء الأقدمين . وكتب الجغرافيا هي أيضاً ، بدت خلواً من كل تأثير أوروبي عملي . وكانت البحوث حول الهيدروغرافيا عديدة ، مثل شوي - تاو تيانغ (« الوصف الكامل للأنهار والسدود ») للمؤلف تسي شاوانان Ts'i Chaonan (1776) كتاب لا مثيل له في الأدب الغربي في ذلك الزمن ، أو الموجز التاريخي لأعمال الحماية الشاطئية في شيكيانغ (1751) ؛ « كتاب الأنواء » المنشور سنة 1781 للمؤلف يوسي - كيان Yu se-K'un ، وهو كتاب أصيل يعالج نظرية القمر حول منشأ الأنواء ، كل ذلك مع إعادة طباعة الكتب القديمة حول هذا الموضوع مثل « هي تاو تشي - ل توتشومونغ » (القرن 18) . كما نشرت غالباً ، أوصاف مفصلة لمجمل الامبراطورية ، مثل تانسونغ بي تونغ تشي Ta-Ts'ing Yi Tong-Tche أو لمقاطعات وأقاليم خاصة ، في القرن 18 ، على نسق الأعمال الجغرافية القديمة .

العوامل الداخلية التجميدية - وإذن فالعلم الصيني في القرنين 17 و18 كان بعيداً جداً عن تحقيق تقدم شبيه بالنهضة العظيمة للعلم الأوروبي في ذلك الوقت ، حتى ولو دل على حيوية أكيدة بتأثير التقديرات الغربية والنهضة في الرياضيات القديمة الوطنية . من هذا الجمود النصفى لم تكن الشروط السيئة ، التي تمت بها هذه التقديرات الأجنبية هي الوحيدة المسؤولة . لان التأخر العلمي السائد يومئذ في الصين ، مقارنة مع الغرب مرتبط بشكل وثيق بنمو المجتمع الصيني الحديث ، في مجمله نمواً بطيئاً .

ففي الصين الاستبدادية والبيروقراطية ، صين القرنين 17 و18 ظلت الكونفوشيوسية الفلسفة الرسمية . وكان الموظفون الكبار والمتقنون يؤخذون بموجب امتحانات لا يطلب فيها إلا المعرفة بالفكر الصيني الكلاسيكي ، من دون العلوم . وهكذا نجد تفسيراً لسقوط الرياضيين صونغ Song في النسيان طيلة 10 قرون الى أن جاء العالمان مي Mei ، في حين كان كل طالب يعرف عن ظهر قلب الحكم التي مضى عليها 2000 سنة ، حكم كونفوشيوس Confucius ومنشوس Mencius . هؤلاء المتقنون الكونفوشيون في غالبتهم كانوا متشبعين باحتقار البحث العلمي والممارسة العلمية ، وهذه

« النشاطات التخيلية » (آ. ج. هودريكور A.G. Haudricourt) في عالم الطبيعة . كتب فنغ شن Feng Chen ، ابن رئيس وزراء الامبراطور كين لونغ Kien-Long ، وكان من أعيان الامبراطورية ، كتب في بداية القرن التاسع عشر قصيدة ذات دلالة مخصصة بالميكروسكوب : « بواسطة الميكروسكوب يمكن أن نرى سطح الأشياء . فهو يكبرها ، ولكنه لا يكشف عن حقيقتها ، إنه يظهر أي شيء أعلى وأعرض ، ولكن لا تظن أنك ترى عندها الأشياء بالذات » .

(ذكره هـ. برنار H. Bernard في بنشن صحيفة الدراسات الاجتماعية آب 1941) .

هذا التعلق بفلسفات الماضي ، وهذا الانقلاع عن العلم وإمكاناته متلاحقان لا ينفصلان عن ضعف نمو الاقتصاد التجاري في الصين وعن سيطرة إنتاج زراعي اقطاعي ذي تقنيات تقليدية . ومن الملحوظ ان العدد الصغير من المثقفين الذين ابدوا اهتماما حقيقيا بالعلوم (مثل المشاركين في الموسوعة العلمية موسوعة كونغ هي) كانوا في معظمهم من أصل من المناطق الصينية الشرقية ، وقد سبق وذكرنا نهضتها الاقتصادية النسبية . من ذلك الجغرافيون نسي شونان ، وشي كيان ، وفان كوان تشن من انهوي ومثل الفيلسوف الرياضي « تي - تشن » Tai-Tchen احد العباقرة النادرين في الفكر الصيني من القرن الثامن عشر ، وكان ابناً لتاجر من مدينة انهوي . ومثلهم الرياضيون لي جوي وتشانغ سونان ، وهما باعثا الجبر القديم ، وكانا معاً من العاصمة القديمة المتاجرة والغنية « سوت شو » على « الباس ينغ نسي » . ومن سوت شو أيضاً جاء الفلكي فنغ كوي فن Feng Kouei-Fen الذي نشر سنة 1850 جداول مرور مئة نجم في خط المجرية ودل بدقة على صعودها وهبوطها . وفي ينغ تشو وهي مركز كبير تجاري وصناعي في هذه المنطقة ، تولى لوشي لن Lo Che-Lin في بداية القرن 19 اعادة نشر حياة الرياضيين من العصر المغولي . أما العالمان مي ، الجدل والحفيد فهما أيضاً من عائلة قديمة من الانهوي .

ولكن لماذا هذه البذور لاقتصاد متجر ولانتاج تصنيعي ، ولماذا هذه البذور لنهضة علمية ، لم تنم أكثر من ذلك ؟

لماذا لم تصبح هذه الاقاليم في باس ينغ نسي ، مثل « البلدان المنخفضة » الصينية ، فتحفز العلم بنشاطها الاقتصادي كما حصل ذلك في هولندا في القرن 17 ؟ ان الكلام هو لمؤرخي الاقتصاد الصيني .

II - اليابان

العلم الوطني - لم تتطور الحضارة اليابانية في القرون الوسطى إلا كما لو كانت في ظل الصين آخذة عنها الكتابة الايديوغرافية (الكتابة الرمزية) ومفاهيمها السياسية الدينية (البوذية والكونفوشية) وتقنياتها الاساسية . وكذلك لم يوجد العلم الياباني الا كمقاطعة من مقاطعات العلم الصيني : جبر تين يوان (في اليابانية تزان) ، طب ، علم فلك . وابتداءً من القرن السابع عشر بشكل خاص ، وفي أيام حكم السلالة الاقطاعية ، سلالة طوكوغاوا Tokugawa (1603-1867) التي

مارست نوعاً من السيادة القيادية في القصر ، الى جانب الامبراطور (ميكادو) العاجز ، استطاعت اليابان أن تؤكد تماماً ، بالنسبة الى الصين ، على خصوصياتها القومية . وقام علم ياباني خالص ، يتطور على حدة خاصة في المجالات الرياضية وفي مجال الطب .

ولم يستعمل الرياضيون اليابانيون الأوائل لحساباتهم إلا عيدان الخيزران (صانغي) المأخوذة من زملائهم الصينيين . أما المعداد المستعمل في الصين منذ القرن الثالث تقريباً ، فلم يدخل الا في أواخر القرن السادس عشر إلى اليابان تحت اسم ضروريان (من الصينية سوان بان اي جدول الحساب) ، وتضمن هذا المعداد بمعدل 21 عوداً يقطعها حاجز طولي ، في احد جهاته يحمل كل عود خمس كرات وحدات ومن الطرف الآخر كرة تساوي خمس وحدات . هذا الجدول (راجع الصورة اربعين) يسمح بكل العمليات الحسابية ، ولكنه إنتشر بشكل خاص عند التجار . ومال الرياضيون الى احتقاره واستمروا يفضلون عليه في أعمالهم النظرية عيدان الخيزران . وفي القرن السابع عشر ، استطاع الرياضيون اليابان أن يتجاوزوا زملاءهم الصينيين . وكان محفزه هو سيكي كوا (Seki Kowa) (تاكازو) (1708-1642) من عائلة ساموراي . وقد كان هذا الرجل محفّزاً أكثر مما كان باحثاً . ولكن المدرسة التي أسسها ، والمدارس المنافسة التي ظهرت فيما بعد ، كانت قادرة على مواجهة المسائل الأكثر تنوعاً .

وقد توصل اليابانيون الى قيم لحرف π قريبة جداً . في سنة 1639 اقترح إيمامورا شيشو -Imamura Chisho فقط 3,162 . ولكن إيدا أمي (1817-1747) وضع السلسلة التالية :

$$\frac{\pi}{2} = 1 + \frac{1!}{3} + \frac{2!}{3.5} + \frac{3!}{3.5.7} + \frac{4!}{3.5.7.9} + \dots$$

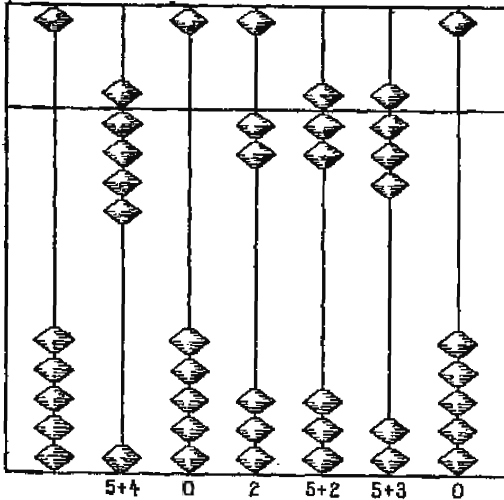
أما صاكابي كوهان (Sakabe Kohan) (1824-1759) وهو ساموراي آخر أصبح رونين أو فارساً متجولاً فقد وضع السلسلة التالية :

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{5} - \frac{1.4}{5.7.9} - \frac{(1.3)(4.6)}{5.7.9.11.13} - \frac{(1.3.5)(4.6.8)}{5.7.9 \dots 15.17} - \dots$$

وفي مطلع القرن التاسع عشر عرفوا في اليابان قيمة ل π تتضمن 26 كسراً صحيحاً . وتحت اسم ينري (أو انري : مبدأ الدائرة) ، مورست نوعية من الحساب المتكامل عزى اختراعها ربما خطأ الى سيكي ، في حين أنه يعود الى تلميذه تاكيبى كينو (Ta-Kébé-Kenko) (كاتاهيرو وهو ساموراي آخر) . وتطور مفهوم ينري في القرن الثامن عشر على يد الساموراي آجيما شوكوين (Ajiima Chokuyen) الذي استكمل عمله من قبل يادا ياسوسي (Wada Yasusi) (1840-1787) ، ساموراي مقاطعة هاروما . وقد حسب هذا الأخير مثلاً سطح الكرة بأخذ أقصى الفرق بين أحجام كرتين موحدي المركز .

وقد عولجت أيضاً دراسة المعادلات غير المحددة ، مثلاً من قبل إيدا أمي Aida Ammei بمنامبية

$$\frac{1}{x_1^2} + \frac{1}{x_2^2} + \frac{1}{x_3^2} + \frac{1}{x_4^2} + \frac{1}{x_5^2} = 0$$



صوره رقم 40 - العدد 90278 على الصوربان
(كرات موضوعة قرب الحاجز الوسط)

وكانت أيضاً مسائل الدوائر المتماثلة المحبوسة ضمن مثلث، أو ضمن دائرة أو ضمن مقطع من الدائرة (وتسمى في هذه الحالة مسائل المروحة) هي أيضاً شائعة جداً. وحل آجيبا Ajima مثلاً مسألة الدوائر الثلاث المتماثلة والمحبوسة ضمن مثلث، مسألة دوائر محبوسة كتاب داخل دائرة كبرى

أما المربعات المصححة من أصل صيني، فظلت معروفة ومشهورة وكذلك جبر تزان (اندنرتس) وبواسطته استبق سكي Seki فكرة المحدد وكذلك الأسلوب المسمى «أسلوب هورنر Horner». وساد مناخ من البحث

الناشط في هذا اليابان الاقطاعي، اقطاع طوكوغاوا Tokugawa. وكان التحفيز العلمي يتم بفضل تعليق مسائل مرسومة على ترس في المعابد يقترحها عالم رياضي على منافسيه. وهذه حركة تحدي فروسي لا تثير العجب من قبل هؤلاء العلماء الذين كانوا في معظمهم من الساموريين القدماء.

والطب الياباني هو أيضاً انطلق من الطب الصيني ففي ظل حكم آل طوكوغاوا اذت نهضة الفلسفة الصينية الكونفوشية الجديدة عند آل صونغ الى نهضة في طب الصونغ. واستمر العديد من الاطباء اليابان يركزون أعمالهم على نظرية العناصر الخمسة (وهي الخشب، النار، الارض، المعدن، الماء) وكلها ممثلة في الجسم البشري، وعلى نظرية تطابق الكون الاكبر مع العالم الصغير أي الانسان. ولكن كردة فعل ظهرت مدرسة كواي هو Ko-i-Ho التي انتقدت طب الصونغ واقترحت العودة الى الطب الصيني في بداية الكونفوشية. من ذلك ان غوتو غونوان Goto Gon- (1659-1733) zan عزا الامراض الى سوء الدورة في النفس الحيوي. ولكن هذه النظريات القديمة لم تعق تماماً تقدم الطب العملي: فقد قام تلميذ من تلامذة غوتو Goto ينسب الى المصادر الحارة مفعولاً على البنوما، ويدرس خصائصها أي خصائص المصادر الحرارية على الاستطباب. وفي القرن 18 نشر كاغاواجين تسو Kagawa Genetsu مطولاً في القبالة سماه الساترون. واستمر يعتمد النظريات القديمة إنما فيها خص نمو النطفة وكذلك العناية أثناء الوضع، والمعالجة بعد الولادة. واطهر حساً دقيقاً في الملاحظة. وبحثه خال ظاهرياً من تأثير غربي.

الاتصالات بالعلم الغربي - هذه المسألة مسألة تأثير العلم الغربي تطرح نفسها منذ وجوب

تقديم بيان بالعلم الوطني الياباني في العصر الحديث . لان اليابان كالصين ، كانت منذ نهاية القرن 16 قد اصبحت على اتصال بالعلم الاوروبي وتطورت هذه الاتصالات عبر 3 مراحل مختلفة جداً : مرحلة يسوعية وبرتغالية حتى سنة 1630 ؛ ومرحلة هولندية خفية 1630-1720 ؛ ومرحلة هولندية شرعية 1720-1868 .

في أواخر القرن 16 وصل الى اليابان الغربيون الأولون ؛ وكانوا يسوعيين برتغاليين « نبن جن » (برابرة بحر الجنوب) . واتبعوا في اليابان تكتيكاً مشابهاً لتكتيك ريشي في الصين واكثروا من النشاطات العلمية . ونشروا كتباً في علم الفلك وادخلوا الكتب التي كانوا يطبعونها بذات الوقت في بكين . وفتح ب . الميدا P.Almeida مستشفى ومنه انتشرت جراحة برابرة الجنوب (نانبان روي جيكا) . وزرع الاطباء البرتغاليون قرب كيوتو 3 آلاف شجرة ونبته طبية مجلوبة من أوزوبا . وقام التلامذة اليابان ، تلامذة المبشرين بنشر العديد من المؤلفات الطبية : 55 قبل 1600 منها 10 مطولات في الجراحة و8 في طب العيون و5 في الامراض النسائية . . .

ولكن لاسباب سياسية اتخذت الحكومة اليابانية اجراءات سريعة ضد الدعاية الدينية التي يقوم بها المبشرون الذين اتصلوا باقطاعين عصاة . واعتبرت المسيحية خارج القانون . وسوف يصبح العلم الحديث في اليابان قريناً بالعقيدة المسيحية أكثر مما هو في الصين . وفي سنة 1630 صنع قيم القصر او الشوغون كل كتب العلم الغربية باعتبارها من أدوات الدعاية اليسوعية أما الكتب القائمة فقد اتلفت ومنعت استيراد كتب جديدة واعدم الفلكيون الميسلون إلى الغرب مثل هياشي كيشي Hayashi Kichiyemon وكوباياشي كاتيسادا Kobayashi Kanesada عندما قامت الثورة المسيحية سنة 1637 .

رناكو Ranganaku او المعرفة الهولندية في اليابان بخلال القرن 17 حتى القرن 19 - وكان على اليابانيين الراغبين في تعلم العلوم الجديدة أن يقوموا بذلك بصورة سرية تحت طائلة العقوبات القاسية . وفي هذه الحقبة الثانية سوف يكون الدور الكبير للتجار الهولنديين المسموح لهم منذ 1641 من قبل الشوغون بإقامة وكالة تجارية في جزيرة ديشيما Deshima في مواجهة ناغازاكي وكان وجودهم يساعد على انتشار العلم الحديث من وجهين : من جهة كان المترجمون اليابانيون في منشآت ناغازاكي غير مطلعين علمياً ولكنهم على اتصال دائم بالتقنية العالية لدى الهولنديين (طب ، ملاحية ، وآلات متنوعة ،) وقد اهتموا بهذا العلم الغربي . ومن جهة أخرى وعملاً بالاتفاقية المعقودة بين الحكومة اليابانية والهولنديين ترتب على هؤلاء أن يرسلوا كل سنة سفارة تقدم الطاعة لدى شوغون في يادو . وكان الفلكيون والرياضيون اليابان كثيرون العدد في العاصمة ولم يفوتوا هذه الفرصة لكي يتحدثوا مع الهولنديين ، وبصورة خاصة مع الطبيب الملحق بالوكالة التجارية والذي يعتبر عادة جزءاً من البعثة .

وهكذا نمت في اليابان في آخر القرن 17 ، وانطلاقاً من هذه النشأة المزدوجة ، ورغم الحظر الحكومي حركة ناشطة تهتم بالعلم الحديث وسميت رانفاكو أو العلم الهولندي . هذه الحركة كانت من

القوة حتى حملت الشوغون يوشيمون الى رفع المنع سنة 1720 عن المؤلفات العلمية الغربية أما المؤلفات السياسية والدينية فبقيت ممنوعة .

وعين الطبيب وأمين المكتبات أوكي بونزو Aoki Bunzo « استاذ العلم الهولندي » وانصرف في بادئ الامر الى وضع معجم علمي هولندي ياباني نشره سنة 1761 . وتقليدا له وبفضل دروسه اخذ العديد من رنغاكوشا (أو المتخصصون في العلم الهولندي) يدرسون العلم الحديث بواسطة كتب هولندية . وخلال هذه الحقبة الثالثة (القرن الثامن عشر والتاسع عشر) ، سوف يزدهر الرنغاكو في اليابان وخاصة في الطب والفلك والجغرافية . وانتشر الطب المستحدث الغربي منذ حقبة الاتصالات السرية ووصل الطبيب الهولندي من ديشيا ، كامبار شانبرجن Caspar Schambergen الى اليابان سنة 1649 ، فعلم بعض التلاميذ . وشاعت طبعة يابانية من مؤلفات انبرواز باري Ambroise Paré في بداية القرن الثامن عشر. ولكن المرسوم اللبرالي الذي أصدره يوشيمون Yoshi-mune (1720) سوف يقدم امكانات أكبر بكثير. وفي 4 آذار 1771 حضر تلميذ من أوكي هو مابينو ريوتاكو Aoki Mayeno Ryotaku ، بصورة سرية مع بعض اصدقائه ، وبفضل تواطؤ الجلال ، تم تقطيع جسم امرأة محكومة بالاعدام . وكانت غايتهم التثبت من الجداول التشريعية الهولندية التي اشتروها من ناغازاكي ، ولاحظوا بدون خطأ ممكن أن هذه الجداول تناقض تماماً التشريح الياباني التقليدي . واعد مابينو وأصدقائه بعد هذه الليلة التاريخية، نقلاً عن هذه الجداول (جداول كولوس Kulmus) طبعة ظهرت سنة 1774 . وهناك رنغاكوشا اخر هو هوشينو ريوتسو Hoshino Ryoetsu ، صنع سنة 1798 هيكلًا من الخشب . ودرب الاطباء ومكتب التمثيل الهولندي في ديشيا ، وبصورة خاصة ب . ف . فون سيبولد P. F. Von Siebold (الذي وصل سنة 1822) العديد من التلاميذ . منهم هانوكا شيسو Hanaoka Seishu (1760-1835) ، الذي مارس استخراج الخراجات والبواسير المخرجة ، والإقتطاعات وعرف استعمال النار كوتيك أو المسكنات . ولكن هؤلاء الاطباء « على الطريقة الهولندية » (رانبو-ي) لم يكونوا يشكلون الا طليعة ضئيلة . وتندل روايات ش . ب . ب . تنبرغ C.P. Thunberg (طبيب من ديشيا بعد سنة 1775) كيف أن غالبية زملائه ظلوا يمارسون بصورة حصرية المداواة بالإبر ، والكلي وغيرها من التقنيات التقليدية .

وكان علم الفلك بسبب أهمية الرزنامة دينياً ومدنياً شأنًا في شؤون الدولة في كل الامبراطوريات الآسيوية القديمة . وشجع الشوغون يوشيمون Yoshimune الفلكي ناكاني جنكي Nakane Genk-ei على متابعة دراساته في الفلك رنغاكو (التي عالجها ناكاني Nakane حتى قبل مرسوم 1720 ، كدراسة الكسوفات مثلاً) ، وعينه سريعاً مديراً للمرصد الذي أسسه في يديو . وانتشر هنا علم الفلك الكوبرنيكي . وألف ترجمان من ناغازاكي ، موتوكي ريو Motoki Ryo-ei (مات سنة 1749) ، أول كتاب يعرض فيه محورية الشمس ، في الشرق الأقصى . وكان هوشي بيري Hoashi Banri ، مثقفاً من أوزاكا وهي مركز آخر كبير في علم الفلك نصيراً متحمساً لهذا النظام الكوبرنيكي ، حتى أنه نسب لنفسه اكتشافه . ولكن بعض الفلكيين اليابانيين ، المتأثرين بالكتب التي صدرت في بكين في القرن

السابع عشر ، على يد اليسوعيين ، ظلوا المتمسكين الاخيرين بمحورية الارض البطليموسية

أما في مجال الرياضيات فقد كان من الاصعب توضيح مدى التأثير المتبادل بين العلم الرنغاكو والعلم الياباني الوطني . نعرف مثلاً ان الرياضي الكبير الياباني في القرن 18 أجيمَا Ajima كان يعرف علم المثلثات الكروي الغربي . ودخلت اللوغاريثمة الى اليابان سنة 1767 ، بفضل نشر وطبع مطول صيني عن اللوغاريثم في اليابان .

وفي مجالات أخرى ايضاً شرع رنغاكوشا يدرس بحماس العلوم الآتية من أوروبا . وفي سنة 1720 شرع نورو جنجو Noro Genjo بدراسة الهولندية بناء على أمر من الشوغون ، وبذات الوقت مع اوكي Aoki ، ونشر الاول سنة 1750 كتابه « تفسيرات يابانية لعلم النبات الهولندي » . ونشر شيبا كوهان (1738-1818) وهو رنغاكوشا شهير ، سنة 1783 ، ووفقاً للاستلوب الغربي ، أول صور محفورة على النحاس ظهرت في اليابان منذ إخراج اليسوعيين في القرن 17 . كما طبع أيضاً خارطت فلكية ، وكذلك في سنة 1789 وضع وصفاً جغرافياً للغرب . ومنذ سنة 1785 نشر الخرائطي هاياشي شيبهي Hayashi Shihei أول أطلس من الاطالس اليابانية التي تتضمن خطوط الطول وخطوط العرض .

التوازي مع الصين - وإذا فقد أنجز العلم الحديث في اليابان تقدماً محسوساً أكثر من الصين ، خاصة منذ منتصف القرن 18 . وكان الفرق ظاهراً . وصدر كتاب ياباني حول الميكروسكوب سنة 1801 ، وذلك في نفس الوقت الذي اظهر فيه المثقف الصيني فنغ شن Feng Chen احتقاره الشاعرى لهذه الآلة . وهذا الوضع يمكن أن يفسر بالفوارق بين تسلسلية النقل الهولندي والنقل اليسوعي . إن التقديم العلمي الهولندي الى اليابان لم يكن ناتجاً عن رغبة منهجية في التأكيد على تفوق الغرب . بل إن المحرك الوحيد فيه هو شهية العلم لدى العلماء اليابانيين ، والتجار الهولنديون (باستثناء طبيب المكتب التجاري) لم يريدوا ولم يستطيعوا تقديم تعليم يضارع في قيمته تعليم المشرين الرياضيين والفلكيين في بكين . لقد ترك الرنغاكو Rangaku وشأنهم . وكان عليهم أن يستجلبوا بالتعب والمشقة مضمون مطولات مكتوبة بلغة لم يكونوا يمتلكونها إلا معلومات أولية . لقد هضموا العلم الحديث من تلقاء أنفسهم .

ويبقى علينا - وهنا أيضاً ينتهي درس فصل ضيق ظاهرياً عن تاريخ العلوم في الشرق الاقصى الى موضوع ذي أهمية تاريخية أكبر وأعم - ان نشرح لماذا يابان طوكوغاوا كانت أكثر انفتاحاً وتقبلاً من صين تسنغ Ts'ing . ان دراسة الأسس الاجتماعية للعلم الحديث في اليابان الا يمكن أن توضع هنا ايضاً في الطريق السليم ؟ في اليابان ، يابان القرن 18 و 19 كان تطور الانتاج التجاري والمصنعي أكثر تقدماً مما هو في الصين ، وبخاصة في مراكز مثل يادو واوازاكا و ناغازاكي ، وهي المراكز التي ازدهر فيها رنغاكو وأمكن ايضاً من جهة أخرى أن نلاحظ ان الكثير من الرياضيين اليابانيين كانوا متحدرين من أوساط الساموراي : وهذا حدث ملفت الى تفكك المجتمع الاقطاعي القديم الى تطور هذه الفئة العسكرية التي منذ أواخر الحروب التي وقعت بين الاقطاعيين في القرن 16 قد توجهت نحو النشاطات الادارية والمالية والاقتصادية في اقطاعات النبلاء ، وهو أمر أعطى اليابان الحديثة قسماً كبيراً من كادراتها .

وإذاً اقترن العلم الحديث في اليابان في القرن 19 بقوى التجديد الاجتماعي والسياسي في البلد . وقد شكل هذا العلم خطراً وعته حكومة الشوغونية تماماً فاتخذت ضد خطره تدابير قمعية متأخرة ، بعد أن عادت عن تدابيرها الليبرالية التي سادت في القرن 18 . ويعتبر مسلك تاكانو شروي Takano Choei نموذجياً إذ كان هذا العالم هو الأبرز بين رنغا كوشا عصره . فقد كان مؤلفاً لمطولات في علم النبات والمعادن والجغرافيا ، كما كان عضواً ، بذات الوقت ، في نادٍ اصلاحي ، وقد أوقف عدة مرات لهذا السبب . وحكم عليه في سنة 1840 بالسجن لمدة الحياة لأنه غش الشعب بعلمه وتعليمه العصريين . هذا « الجيوردانو برونو » الياباني رد على متهميه بأباء ويعمل إيماني بالعلم :

« نحن لا نعرف رجلاً طلع الى السماوات ، ولكننا نحن عندنا فلكيون ، ونحن لا نعرف شخصاً نزل الى باطن الارض ولكن عندنا علماء جيولوجيا . . . توجد عين داخلية بواسطتها يمكن أن نرى هذه الاشياء » (ذكره ج . ب . سانسوم G.B Sansom اليابان والعالم الغربي) .

وهرب من سجنه سنة 1844 ، ولكنه أعيد القبض عليه ، فقتل بالهاراكري Harakiri سنة

1850

في أواسط القرن 19 لم يكن العلم الحديث قد تسرب الى الصين والى اليابان بعد الا بشكل محدود جداً . ولكن تفاعلية شمولية العلم قد تكونت فيها ، على أثر نشاط اليسوعيين المبشرين ، والتجار الهولنديين والعلماء الصينيين واليابانيين الذين استلهموا هذا النشاط . ولكن هذه التفاعلية اصطدمت في اليابان كما في الصين ، بعائق النظام السياسي القديم والاقتصادي أيضاً ، ذلك أن العناصر الحاكمة في هذين البلدين قلما كان لها مصلحة في تشجيع العلم الحديث (باستثناء بعض الحالات الفردية) ، بل كانت في أغلب الأحيان معادية له . وتصفية النظام القديم وحدها ، والتي حدثت بصورة تدريجية في الشرق الأقصى بخلاف القرن 19 والقرن 20 ، جعلت من الممكن انتشار العلم الشامل في هذا الشرق .

مراجع الفصل الأول

العلم الصيني

Science chinoise : H. BERNARD-MAITRE, Les adaptations chinoises d'ouvrages européens (Monumenta Serica, 1945); ID., Ferdinand Verbiest (Id., 1940); ID., Matteo Ricci's scientific contribution to China, Pékin, 1935; ID., Notes on the introduction of natural sciences into the Chinese Empire (Yenching Journal of social studies, II, 2, 1941); ID., La science européenne au tribunal astronomique de Pékin, Paris, 1951; P. D'ELIA, Galileo in Cina, Rome, 1947; W. FUCHS, Materialien zur Kartographie des Mandju-zeit (Monumenta Serica, 1935 et 1938); L. PRISTEN, Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne mission de Chine, 2 vol., Changhai, 1932-34; A. H. ROWBOTHAM, Missionary and mandarin, Univ. of California Press, 1942; A. WYLIE,

Notes on chinese literature, Changhai, 1902 ; ID., *Chinese researches*, Changhai, 1897. Cf. aussi le Dictionnaire biographique de HUMMEL, *Eminent Chinese of the Ch'ing period*, Washington, 1944 (en particulier les notices sur Ho Kouo-tsung, Sia Kouang-k'i, Li Chan-lan, Li Tehe-tsao, Lo Che-lin, Mei Kou-teheng, Mei Wen-ting, Tai Chen, etc.). D'une façon générale, nous renvoyons le lecteur désireux d'approfondir certaines des conclusions présentées ci-dessus à l'ouvrage *Science and civilisation in China*, publié par Joseph NEEDHAM avec la collaboration de WANG LING et dont les huit ou neuf volumes sont en cours de publication à la Cambridge University Press. Mentionnons enfin une série de publications postérieures à la première édition de ce volume : G. BONNANT, *The Introduction of Western Horology into China (La Suisse Horlogère)* (Inter. ed.), 1960, LXXV, n° 1 ; Sep. pub., Geneva 1960) ; P. DEMÉVILLE, *Les premiers contacts philosophiques entre la Chine et l'Occident (Diogène, n° 58, 1967)* ; P. d'ELIA, *The double Stellar Hemisphere of Johann Schall von Bell, S.J. (Monumenta Serica, 18, 1959)* ; ID., *Galileo in China ; Relations through the Roman College between Galileo and the Jesuit scientist missionaries (1610-1640)*, transl. by R. SUTEN and M. SCIASCIA, Cambridge University Press, 1960 ; P. HUARD et M. WONG, *Analyse de livres chinois concernant l'histoire des Sciences (Janus 47, 1958)* ; J. NEEDHAM, *Chinese Astronomy and the Jesuit mission : an encounter of cultures*, London, 1958 ; Ying-hsing SUNG, *Chinese Technology in the XVIIth century : T'ien-kung k'ai-wu*, transl. by E-tu-Zen SUN and Shiou-chuan SUN, The Pennsylvania State University Press, 1960 ; B. SZCZESNIAK, *The 17th-Century Maps of China ; an inquiry into the compilations of European Cartographers (Imago Mundi, 1956, XIII-116)* ; G. Ho-ching WANG, *China's opposition to western religion and science during the late Ming and early Ch'ing*, Ann Arbor, Mich., University Microfilms, 1958.

اليابان

Japon : C. R. BOXER, *Jan company in Japan, 1600-1817*, La Haye, 1936 ; ID., *Christian century in Japan, 1549-1650*, Londres, 1951 ; Y. FUJIKAWA, *Geschichte der Medizin in Japan*, Tokyo, 1911 ; D. KEENE, *The Japanese discovery of Europe. Honda Toshiaki and others discoverers (1720-1798)*, Londres, 1952 ; A. KOBORI, *Les étapes essentielles des mathématiques au Japon*, Paris, 1957 ; A. KUWAKI, *Western science in later Tokugawa period (Cultural Nippon, 1941)* ; Y. MIKAMI, *The development of mathematics in China and Japan*, Leipzig, 1913 ; C. OKUMA, *Fifty years of New Japan*, Londres, 1910 ; Sir G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, Londres, 1950 ; D. E. SMITH et Y. MIKAMI, *A history of Japanese mathematics*, Leipzig, 1914 ; B. SZCZESNIAK, *The penetration of the copernican theory into feudal Japan (Journal of the royal asiatic society, 1944)* ; I. VEITH, *Medicine in Japan (Ciba symposia, 1950)* ; *Beginnings of Japanese obstetrics (Bulletin of the history of medicine, 1951)* ; S. ARIMA, *The Western influence on Japanese military science, shipbuilding and navigation (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964, Tokyo)* ; A. EBISAWA, *The Jesuits and their cultural activities in the Far East (Cahiers d'Histoire Mondiale, vol. V, n° 2, 1959)* ; H. HIROSE, *The European influence on Japanese Astronomy (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964, Tokyo)* ; H. OHMORI, *A Study of the Rekisho Shinsho (Japanese studies in the History of Science, n° 2, 1963)* ; R. OTORI, *The Acceptance of Western Medicine in Japan (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964, Tokyo)* ; H. SAIGUSA, *Japanese Astronomy in the Tokugawa era (Japan Quarterly, 5, July/Sept. 1958)* ; G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, New York, Knopf, 1962 (nouv. édition) ; M. UENO, *The Western Influence on natural History in Japan (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964)* ; K. YABUUTI, *The pre-history of modern Science in Japan ; the Importation of western Science during the Tokugawa period (Cahiers d'Histoire Mondiale, vol. IX, n° 2, 1965)* ; S. YAJIMA, *The European influence on physical Science in Japan (Monumenta Nipponica, 19, nos 3-4, 1964, Tokyo)*.

الفصل الثاني :

العلم الهندي في القرن الخامس عشر إلى القرن الثامن عشر

من القرن 15 إلى القرن 18 استمر العلم الهندي في الانتشار في كل أرجاء الهند بل انه انتشر في بعض البلدان المتأثرة بالهند . ولكنه قلما كان يتجدد . ان الفتوحات الاسلامية أوقعت ضربة خطيرة في القوة الابداعية للحضارة الهندية في معظم اجزاء البلاد . لقد احتفظ التراث العلمي القديم بوجوده ، ولكنه تأثر بمنافسة العلوم الاجنبية التي جلبها المسلمون ، ولذا اعتبر وكأنه ملك خاص يجب المحافظة عليه ضد الدخيل الاجنبي . وعملت الاوساط البراهمانية والهندوسية التي كانت ترعى هذا العلم على الدفاع عن مضمونه المقدس أكثر مما عملت على تطويره ببحوث جديدة . إن الخطر الاجنبي عمل على تهمين التراثية المتسككة ، واستبدل شهوة الاكتشاف بالحرص على المحافظة . وكان المهم ليس تطوير العلم بل إظهار قيمته في مواجهة العقائد الدخيلة . ولم تبرز النوايا التناظرية في النصوص الرئيسية . إن هذه النصوص لم تحارب العقائد الجديدة ؛ بل تجاهلتها أما تصنعاً ، وأما لانها انبثقت عن اوساط أغلقت ابوابها ضد كل اتصال خارجي . ولكن حتى في هذه الاوساط التي رفضت التعرف على الأفكار الخارجية ، كان وجود هذه الافكار محسوساً وبغياً بحيث غا التعلق الشديد بالتعاليم القديمة .

ومن جهة اخرى كانت المعارف المستوردة من قبل المعلمين الاجانب ، في معظم الاحيان عملية تجريبية مثل الوصفات الطبية أو الخيمائية ، أو مثل جداول الحسابات الفلكية ، ولم تصدر عموماً عن حركة أصيلة تقدمية كالتي عرفتھا العلوم الاسلامية في الهند فهذه المعارف المستوردة لم تكن لتحفز العلم الهندي على المنافسة . وعندما اعتمدھا العلم الهندي ، وهذا ما حصل خارج الاوساط الاوثودوكسية، الامر الذي وقع هو أن هذا العلم قد اعتصمها في مجمله دون أن يجد فيها مادة مراجعة لعقائده العامة .

وفي جنوب شبه الجزيرة الهندية ، وفي مجال الثقافات الدراويدية كان التأثير الاسلامي أقل بكثير . بل إن هذا التأثير قد حُد منه ، بفضل نهضة براهمانية قامت في امبراطورية فيجاياناغار في القرن الرابع عشر حتى القرن 17 . ولكن هذه النهضة كانت على العموم تقليدية وغير تجديدية . وقد ساعدت في الجنوب على تقوية التعاليم الكلاسيكية السنسكريتية ، بحسب التيارات المحافظة في الشمال والمعارضة للحد الإسلامي .

إن ردة الفعل البرهمانية التقليدية لم تكن موجهة فقط ضد الاسلام . لقد بدأت قبل دخول

الاسلام الى الهند بوقت طويل . ولكنه جعلها أكثر حيوية وأكثر استمرارية ، وذلك حين برز كخطر أكيد . وعدا عن الحركات الخارجة بالنسبة الى البراهمانية ، أمثال حركات البوذية والجاينية ، وعدا ايضاً عن الحركات المادية ، هناك تياران قد ظهرا وحولا الافكار بأن واحد عن التراث البرهمني وعن الاهتمامات التي رمت الى تفسير عمليات الطبيعة بشكل عقلائي . من هذه الحركات الخارجة ، حركات كتب التقنية الدينية ، « التترا » التي تأمر بباطنية رمزية وتهتم أكثر بالتكيف السيكولوجي عند اتباع أكثر من إهتمامها بقوانين الطبيعة . ومن هذه الحركات الأخرى حركة بهاكتي Bhakti أو التبتل التي ترد الكل الى حب الكائن الاسمي الذي تعزله الفلسفة عن المظاهر الحديثة .

هذه التيارات حولت الافكار عن العلم الحق ، والعودة التي حدثت باتجاه التراث البرهمني الكلاسيكي رجعت ، بصورة متأخرة بهذا العلم الى النقطة التي كان قد توصل اليها قبل أن يفقد نزعت الى البحث ، أي الى النقطة التي أوقفه عندها شراح القرون الوسطى .

I - الرياضيات وعلم الفلك

احتفظت نصوص علم الفلك التي ألّفت فيما بين القرن 15 والقرن 18 بالأسس المسماة « سوريا سيدننتا » وفروعها وتكيفاتها . وهذه الأخيرة عملية تطبيقية بصورة أساسية وتهدف الى الوصول الى حسابات كان يحتاجها علم التنجيم بعد أن تطور أكثر فأكثر وأصبح شعبياً .

ويمكن أن نذكر في الأدب الفلكي بخلال تلك الحقبة ، باعتباره متميماً الى تراث « السوريا سيدننتا » ، « المكارندا » لسنة 1478 ، وهذا الكتاب كتب في بينارس وشرح شروحاً مشهوراً في القرن 17 (1620) ، ثم « المكارند فيغارانا » للمؤلف نرسيمها Nrsimha ، وكذلك « لغراهاالا غهافا » ، وهو موجز في حساب مواقع الكواكب وضعه غانيسا ديفاجنا Ganeçadaivajna سنة 1520 . وكان هذا الأخير مؤلف مطولين الأول اصغر والثاني أكبر ، حول احتسابات الايام القمرية (تيتي ، وتيتي ستاماني) . وتأخذ كتبه من تراث اريابهاता Aryabhata التي عدّها لالا Lala (راجع المجلد 1 ، الفصل الثالث من القسم الثالث) ، وقد سادت كتبه بصورة خاصة في بلاد ماراث وفي الديكن الوسطى . أما في الجنوب فقد ساد تراث اريابهاता (أي فاكيم في اللغة التامولية) ، الى جانب تراث السورياسيدننتا (شيتندام) .

التأثيرات الأجنبية - في القرن 17 ورغم الفرق الثقافي بين الاوساط التقليدية الهندية والواسط ذات المنشأ الاجنبي ، اعتمد علم الفلك العربي والاوروبي ، في بعض الاحيان ، وبصورة جزئية من قبل المؤلفين الهند . وأخذت السيدننتا فيفيكا للمؤلف كامالاكار Kamalakara ، لسنة 1658 استعارات عن علم الفلك العربي . وفي القسم الاول من القرن 18 شجع المهراجا جاسنغ Jaysingh الثاني (1699-1743) بقوة علم الفلك ، فأمر بجمع كل الوثائق التي يمكن الوصول اليها عربياً وأوروبياً (وبخاصة جداول لاهير La Hire) لكي يضيفها الى علم الفلك الهندي ، كما أقام مراصد في عدة

مدن مهمة : جيپور Jaypur ، التي أسسها بنفسه ثم اوجاني Ujjayni الذي كان خط الهاجرة فيها نقطة الانطلاق التقليدية لخطوط الطول ، ثم بنارس ودلي وماتورة Bénarès, Delhi et Mathura وهذه المراصد اشتملت على أدوات ذات أحجام كبيرة كابنية ظلت محفوظة في غالبيتها .

الاهتمام بعلم الفلك الهندي في القرن 18 - اهتم الاوروبيون منذ نهاية القرن 17 ، وبصورة خاصة بمناسبة بعثات لويس 14 إلى سيام ، بتحديد مدى قيمة المعارف العلمية ، وخاصة الفلكية والرياضية لدى شعوب الهند . ودرس الفلكيون الفرنسيون وخاصة آل كاسيني Cassini ثم جنتيل Gentil علم الفلك السياسي ، المتفرع من الهند ، وعلم الفلك الهندي بالذات ، عدة مزارت في القرن 18 ، أما سنداً للمستندات الحاصلة بفضل المسافرين والمبشرين ، أو مكانياً كما كان الحال بالنسبة الى جنتيل Gentil في مدينة بونديشيري .

ولاحظ الاوروبيون أن غالبية المنجمين الهنود ، كانوا يستعملون بصورة ميكانيكية ، ومهارة فائقة ، جداول حسابية ، دون أن يرصدوا السماء ، ودون أن يمتلكوا معلومات عميقة عن الخارطة الكونية (كوسموغرافيا) . واستنتجوا من ذلك أن العلم الفلكي الهندي لم يكن أصيلاً . ولكنه استعار فقط ، من اجل احتياجاته العملية للتنبؤ بالكسوفات ولإقامة الابراج ، نتائج مأخوذة من الخارج أو عن تراث قديم منسي . وافترض بايلي Bailli وجود شعب قديم رائع في علمه احتفظت الهند ببقايا معارفه . وبصورة أعم ، حكم بأن الهند تلقت النتائج الفلكية التي تستعملها من الصين أو من العالم اليوناني والعربي . والحقيقة الثابتة عن الاستعارات من علم التنجيم اليوناني ، دعمت غالباً الرأي القائل بعدم وجود علم فلكي هندي خالص . نحن نعرف الآن ان هذا الرأي كان مضللاً ، لان نظام تنبع مواقع الكواكب في نكشاترا (مجلد 1 ، الفصل الرابع من القسم الأول) يمثل علم فلك غير بروجي ، بارز في الهند قبل ادخال علم الفلك البروجي وظل باقياً الى جانب هذا الأخير . ولكن البحث الفلكي والرياضي قد توقف فعلاً في الهند ، بخلاف القرن 18 . والنتائج الحاصلة لم تكن قد استعملت بحق إلا من قبل المتخصصين في الحسابات من أجل الاحتياجات التنجيمية .

II - الكيمياء والطب

ظلت الكيمياء من جهتها تستعمل بشكل تطبيقي خالص من اجل غايات الخيمياء ومن اجل الغايات الاستطبابية . وبمجموعات الوصفات قد تكاثرت ، بجزء باستمرار مادة الكتب الأكثر قدماً .

أما بعض التجديدات فلم تكن إلا ظاهرية . لانها تعلق بتغيرات في تسمية المواد المذكورة وتغيرات في العرض أكثر مما هي دراسات جديدة .

وقد كان الحال كذلك في الطب حيث استمرت العقائد القديمة بدون تغيرات كبيرة رغم العدد الضخم من مجموعات عناصر التشخيص والتطبيب التي سبق جمعها .

وفي أيام الملك أكبر عمد الراجا تودر مال Todar Mall ، الذي كان في خدمة الامبراطورية المغولية الا أنه بقي متمسكاً بعمق بالثقافة الهندية وحريصاً على جمع العناصر لحفظها ، هذا الراجا أمر بجمع مجموعة طبية كبيرة وسط مجموعة ضخمة من المطولات حول مواضيع أخرى . وهذه المجموعة قصد بها تشكيل نوع من الموسوعة بالمعارف الهندية الخالصة في مواجهة المد الاسلامي .

ان الاستعارات التفصيلية من هذا المد الاسلامي كانت كثيرة في كتب الطب ، وفي المادة الطبية النباتية أو الحيوانية ، وفي المادة الطبية المعدنية أو الخيمائية . وبعض الكتب استوتحت ، على الأقل في غاياتها الاساسية ، معلومات أجنبية أضفي عليها الطابع الهندي المصطنع . من ذلك كتاب اركا بركا سا وتعى في السنسكريتية « ضوء الشمس » ، وهو في الواقع كتاب يبحث « ضوء العرق » اي الكحول الناتجة عن تخلف التقطيرات المسماة بالعربية عرق .

وبالنسبة الى بعض الامراض أو الادوية هناك تسميات اخذت عن التسميات الشعبية أو العلمية الاسلامية . والبهاغا براكا سا ، وهي مطول طبي من القرن السادس عشر يسير على نهج المطولات السنسكريتية القديمة ، عرف السفلس باسم الفيرانججروغا أو مرض الافرنج أو الفرنجة كما يقول المسلمون عندما يقصدون الاوروبيين وبالنسبة البرتغاليين بشكل خاص .

وهناك طبقة كاملة من الكتابات الطبية تشكل الادب الطبي المسمى باليوناني والموجود باللغة السنسكريتية ، وبصورة خاصة باللغة التامولية ، وبمختلف اللغات الهندية الآرية الحديثة . والقصد هنا هو الطب العربي المسمى باسم يدل أصلاً على كلمة اغريقي (يوناني باللغة السنسكريتية) ولكنه استخدم فيما بعد ليدل باللغات الهندية على كل ما له علاقة بالمسلمين باعتبارهم قد حلوا محل اليونان الاقدمين كغريبين مثقفين .

إنشار العلم الهندي - على الرغم من بقاء النشاط الخلاق ، وخسارة القوة الاشعاعية في الحضارة الهندية الخالصة ، تحت حكم المغول ، استمرت الهند تحتفظ في بعض المناطق بنوع من التأثير في المجال العلمي . فقد بقيت المواد الطبية والمفاهيم الهندية تنتقل نحو اربخيل اندونيسيا حتى من قبل المسلمين الذين كانوا يذهبون من الهند ويحملون وينقلون الاستعارات عن وعي هذه المعارف .

ولكن في التبيت بشكل خاص استمر التأثير العلمي الهندي يمارس قدرته في الحقبة المتأخرة . وفي القرن 17 صدر شرح كبير لرجيود - بزي Rgyud-Bzi ترجمة لامهي تاهيادا L'Amytahydaya وقد كتب تحت عنوان فيدوريا غونيو ، ويدل على معرفة عميقة بالتراث الطبي الهندي . ومن جهة أخرى ، وبشكل خاص ، أنه في القرن السابع عشر أفلتت المجموعة القانونية التيبية الكبرى حول الشروحات البوذية والمطولات التقنية المترجمة عن السنسكريتية باسم بستان جيور Bstan-Gyur (طنجور) وفيها بعد ترجمت هذه أيضاً الى المغولية .

إنها مجموعة تحتوي عدداً كبيراً من المطولات العلمية الهندية التي ترجم الكثير منها ، بدقة ، في

القرن 17 تحت حكم الدلاي لاما (زعيم البوذيين) الخامس . وقد شجع هذا الأخير نهضة العلم التيبتي المرتكز على العلم الهندي ، كما شجع بشكل خاص الترجمة الى التيبتيّة ، لكتب - مفاتيح في الأدب المنسيكريتي ، ابتداء من الكتب القواعدية الكلاسيكية والمعاجم التي تمكن التيبتي من الرجوع المباشر الى المصادر الدينية البوذية وإلى المصادر العلمية والتقنية الهندية العارية من أية صفة دينية خاصة⁽¹⁾ .

(1) بشأن المرجعية في هذا الفصل ، يرجع الى المرجعية المذكورة في المجلد 1 طبعة 2 ص 177 .

الفصل الثالث :

العلوم في اميركا المستعمرة

I - الاطار التاريخي

بعد اكتشاف كريستوف كولومبس ، وجهت أوروبا نحو أميركا موجات من المهاجرين سوف يعطون لهذه القارة ، أعرافاً وحضارة أصيلين عند اكتشافها ، حضارة أوروبية خالصة

ولكن أميركا الجنوبية وأميركا الوسطى ، المستكشفتين بشكل فجائي . والمأهولتين ثم المستثمرتين بشكل غير متساو التقنا ، مع ذلك ، وبعد أقل من خمسين سنة من الفتح ، سماتهما النهائية . أما أميركا الشمالية فتكون أبطأ ارتساماً ، والسكان البيض لم يتجذروا فيها الا بخلال القرن

17

أميركا الاسبانية - كان الاسبان أول الواصلين ولذا اخذوا حصة الاسد . وكان دافعهم البحث عن الذهب والافاوية وسراب البلاد الهندية ، وأوغلوا عنيقاً بعيداً عن الشواطئ . وحوالى سنة 1550 كان المساحة التي سوف تبقى مؤسسة قد تحددت تماماً وكماًلاً تقريباً . وفي القرون اللاحقة ، تقدم الاسبان أكثر في أميركا الشمالية ، وفي كل مكان كان استعمارهم يتعمق .

وامتدت امبراطوريتهم الشاسعة في جزر الهند الغربية من ارض النار حتى كاليفورنيا ، مشتملة على قسم من أميركا الشمالية (غرب الولايات المتحدة الحالية ، وفلوريدا ، والمكسيك) ، وكل أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية ، باستثناء البرازيل البرتغالية .

وعمل انهيار الامبراطوريات الكبرى الازتيك والانكا وامبراطورية مايا ، التي كانت متهاوية ، ثم استعباد الشعوب الهندية وإجبارها على الدخول في المسيحية ، كل ذلك عمل على زوال الحضارة المحلية زوالاً شبه كامل وعلى استبدالها بالحضارة الاوروية المسيحية .

والرابط بين اسبانيا وامبراطوريتها الذي كان وثيقاً في بادئ الامر ، سياسياً واقتصادياً انقطع بشكل نهائي في الثلث الاول من القرن التاسع عشر .

واعتبرت بلاد الهند الغربية كاملاك للتاج فحكمت مباشرة من مدريد من قبل الملك ومجلس بلاد الهند . وقد تغير النظام قليلاً عبر العصور . محلياً كان نواب الملك ، اثنين ثم أربعة يحكمون ممالك غير

متساوية (اسبانيا الجديدة والبيرو - الأكثر قدماً - وغرناطة الجديدة (1717) ، وريودي لا بلاتا Rio de la Plata (1776)). وكان هناك امراء حاميات عامون تحت سلطة نواب الملك يقيمون في غواتيمالا ، وفنزويلا والشيلي . وهؤلاء الموظفون الكبار كانوا يرسلون ، دائماً تقريباً ، مباشرة من اسبانيا .

وكان البيض ، وهم قلة بالنسبة الى جماهير المهجنين والهنود والسود ، التلاكين الكبار للارض واصحاب السلطة الوحيدين . وباءت الجهود المخلصة ، جهود بعض الاسلاك الدينية ، لحماية الهنود واستجلاهم الى الثقافة الأوروبية ، بالفشل تقريباً ، بل انها ساعدت على استيراد العبيد من افريقيا .

وظلت الوصاية الاقتصادية لاسبانيا ، شديدة الوطأة لمدة طويلة . فلم يسمح بأية تجارة بين الممالك الاسبانية الاميركية ، وبصورة أولى ، بينها وبين البلدان الاجنبية . ونظراً لانعدام الرساميل واليد العاملة ، ظلت الحالة الاقتصادية متأخرة جداً . ولكن في أواخر القرن 18 ، اضطرت اسبانيا ، وقد جرت الى الحروب الأوروبية ، الى التخلي عن احتكارها الحصري . واخذت المستعمرات ، أكثر فأكثر ، تتاجر مع البلدان الأخرى بحرية وتتفاعل مع احداث أوروبا . خاصة وأن التسلطية (Despo-tismo Ilustrado) في حكم شارل الثالث (1759-1788) رغم أنها لم تنعكس في أميركا الا متأخرة ، - قد احدثت تجديداً فكرياً لا ينكر وساعدت بالتالي على تسرب الافكار الآتية من الخارج . وكانت النقمة ، الشديدة لدى المولدين ، تتاجح بأفكار الانسيكلوبيديين ، وبأمثلة من جمهورية الولايات المتحدة الفتية ، والثورة الفرنسية . وبعد استيلاء نابليون على شبه الجزيرة الايبيرية وتنازل الملك ، تطورت حركات ثورية ، إنما بدون نجاح في الغالب ، في مستعمرات أميركا . وأدت السياسة الرجعية لدى فردينان السابع Ferdinand VII ، بعد 1815 الى العصيان والى استقلال الممتلكات الاميركية عن اسبانيا . وبعد تواجد دام أكثر من ثلاثة قرون في العالم الجديد لم تحتفظ اسبانيا الا بكوبا وبورتوريكو بشكل مؤقت . .

البرازيل البرتغالية - ادى اكتشاف البرازيل عرضاً من قبل كابراي Cabral ، سنة 1500 ، الى جعلها ممتلكات برتغالية . وكانت الحكومة مهتمة بالهند الشرقية أكثر ، فتركت في بادئ الامر الشعب للمبادرة الفردية . وبعد 1534 فقط ، وتقليداً لاسبانيا ، حاول الملك جان الثالث أن يثبت سلطته بقوة ، فأوجد ثلاث عشرة حاكمية عسكرية كان حكامها يعينون من قبله . وفي سنة 1548 تلقت البرازيل حاكماً . وفي فترة الاتحاد العائلي بين اسبانيا والبرتغال (1580-1640) انشئ مجلس للهند ، وكان امتياز لشبونة مطلقاً كامتياز اشبيلية . وفي القرن 18 ، حكمت البرازيل من قبل نائب للملك .

وكان المستعمرون البرتغال ، في بادئ الامر من صغار ابناء العائلات النبيلة ، ومن التجار والمهريين ، ثم فيها بعد من الفلاحين الآتين من آصور أو من ماديرا ، وقبلها حافظوا على نقاء دمهم ، فبدوا شعباً مهجناً يقطن البرازيل . وعدداً عن البيض ، دخل العديد من العبيد السود منذ القرن السادس عشر .

أما الهنود ، فكانوا متأخرين جداً بالنسبة الى الهنود الذين التفاهم الاسبان في الجهة الاخرى من جبال الأنديس، ووضعهم كان اشد قساوة من وضع هؤلاء الاخيرين . وقد هلك الهنود ، بآلٍ معاً بالاعمال العسكرية من قبل مستعمري المناطق الشاطئية وبالامراض التي نقلها هؤلاء المستعمرون ، ثم لوحقوا من قبل العصابات البوليسية ، واخضعوا لاشد أنواع الاستعباد قسوة ، فقام اليسوعيون الذين كان يدعمهم التاج أولاً ، بحصرهم في معسكرات كانت لهم فيها السلطة المطلقة . ولكن تحت ضغط الزراع الكبار الذين كانوا بحاجة إلى عبيد ، سحبت الحكومة تأييدها لليسوعيين الذين أخذت معسكراتهم تتضاءل . وفي القرن 18 ، وفي ظل حكم التسلط المتور ، من قبل بومبال Pombal ، الغي استرقاق الهنود ، وطرد اليسوعيون من البرازيل سنة 1759 .

في القرن السادس عشر احتل البرتغاليون على شاطئ الاطلسي ، شريطاً رفيعاً من الارض تنازعه في يادي الامر مع الفرنسيين ، الذين استبعدوا نهائياً في أواخر القرن السادس عشر ، ثم مع الهولنديين الذين جاءوا مع موريس - ناسو سيفن Maurice de Nassau-Siegen سنة 1637 ، ثم طردوا سنة 1654 .

أمام الاحتياج الى الاراضي الجديدة ، الذي تسبب به الاقتصاد الهدام للارض المتبع من قبل المستعمرين تحت ضغط من الباحثين عن الذهب ومن صيادي العبيد ، تقدم البرتغاليون نحو الغرب حتى جبال الانديس ، وتحو الجنوب نحو الاراضي الاسبانية نظرياً . وتحدد الحدود سنة 1777-1778 فاعطت للبرازيل مساحتها الحاضرة 8500000 كلم² . ولكن رغم السكان الناشئين في الهضبة المنجمية في مينايس جيراس ، ظل ثقل السكان متمركزاً حول المراتى : باهيا ، رسييف ، ناتال ، ريودي جنيرو .

وتحولت البرازيل الى مملكة مستقلة ، على يد الامير- الوصي Prince-Régent الذي سوف يصبح جان السادس والذي هرب من البرتغال المحتلة من قبل الفرنسيين ، والمنفتح على التأثيرات الخارجية . ورأت البرازيل نفسها مهددة بالعودة الى حالة المستعمرة بعد أن عاد الملك الى عرشه في لشبونة . وشجع مثل المستعمرين الاسبان الحركة الانفصالية البرازيلية ، وتحت قيادة دون يدرو Don Pedro ابن ملك البرتغال ، أعلنت الامبراطورية الدستورية البرازيلية سنة 1821 .

الاستعمار الفرنسي في أميركا - ضمن خط الصيادين البرتغاليين تردد البحارة الفرنسيون الشواطئ الصحيرية الكبرى في « الارض الجديدة » . ويفضل الصيد البحري ، اتصلوا بأميركا ، في وقت كان فيه بلاط فرنسا مهتماً بحروب إيطاليا ، وبالصراع ضد آل هابسبورغ Habsbourg . وطالب فرنسا الاول بحق الإقامة في كل مكان اكتشفه الفرنسيون ، ولم يحتل فعلياً ملوك مسيحيون آخرون . إلا أن ملوك فرنسا ، وإن لم يهملوا الحملات بقصد اكتشاف بلدان الذهب والانتقال نحو « كاتي » قلماً دعموا المستوطنات الفرنسية في البلدان الجديدة .

في البرازيل ، استفادت المستوطنة الفرنسية التي أقامها فيلغينيون Villegaignon ، مساعد

الاميرال غاسبار دي كوليني Gaspard de Coligny ، لفترة قصيرة من الدعم الرسمي ، ولكن هذا الدعم كان غير كاف ، ورغم المقاومة العنيدة ، زالت « فرنسا القطبية الجنوبية » سنة 1560 تحت ضربات البرتغاليين .

في فلوريدا ، لم تنجح المنشآت الفرنسية التي أقامها ريني لودونيير René de Laudonnière ، وجان ريبو Jean Ribault ، رغم رعايتها في بادئ الأمر من قبل الحكومة . وقضت عليها حملة اسبانية سنة 1565 ، خاصة وإن مستعمرها كانوا من البروتستانت .

ولكن الفرنسيين ، قبل أن يمنحوا من الدخول إلى أميركا الاستوائية ، اخذوا يتسللون إلى أميركا الشمالية . فقد كان فرازانو Verrazano يحاول سنة 1524 أن يفتش فيها عبثاً عن ممر نحو « كاتي » . وذهب جاك كارتيه Jacques-Cartier لنفس الغرض ، وبلغ مصب سان لوران سنة 1534 ، وصعد النهر حتى موقع مونريال ، بخلال رحلته الثانية . وانتهت المحاولة الأولى ، الاستعمارية ، التي وقعت سنة 1541 ، بفشل كامل .

سنة 1603 ، وبناء لأمير هنري الرابع ، عاد شامبلين Champlain إلى الطريق التي اتبعها كارتيه . وأقامت حفنة من الفرنسيين في البلد . وتأسست كيبيك سنة 1608 . ووصل المبشرون وخاصة اليسوعيون بأعداد بقصد « انجلة » البلد . وأقام الفرنسيون علاقات ممتازة مع بعض القبائل الهندية : الهوورون . ولما كان الهنود الأمريكيون ، والاوروكوا خاصة هم ملاك الأرض الأولى فقد دافعوا عنها بعناد .

ولما كانت « فرنسا الجديدة » لا تدر لا ذهباً ولا أفاقية ، لم يهتم بها الملوك ، والوزراء وخاصة كولبير Colbert ، إلا لفترات متقطعة . وكان العنصر السكاني الرئيسي قد قدمته جماهير السكان الفرنسيين في الغرب من فرنسا : بواتو ، فاندي ، نورماندي Poitou, Vendée, Normandie ، مع جنود الفرق الملكية ، الذين ظلوا غالباً في مواقعهم ، ولكن ضعف كندا العظيم كان دائماً عدد سكانها غير الكافي .

ومع ذلك ، قطع المستوطنون الغابة ، وأسسوا المدن بحثاً عن الفراء الذي هو أهم عنصر في تجارة كندا ، وتقدم كنديون نحو الغرب ، حتى بلغوا البحيرات الكبرى ، ونزلوا مع مجرى نهر المسيسيبي ورجعوا بعد هذه الدورة نحو أميركا المستعمرة حيث استولى لاسال La Salle على لويزيانا سنة 1682 ؛ وبعد استكشاف كل السهول وصلت جماعة فاراندري Vérendrye إلى الجبال الصخرية ، سنة 1743 .

إن كندا ، وأكاديا ، وبلاد الإيلينو ، ولويزيانا كلها شكلت « فرنسا الجديدة » ؛ ثم جزر الانتيل الفرنسية ، وغويانا ، ثم في الشيلي ، كثافة سكانية فرنسية تعد 4000 نسمة ، سنة 1746 ، أراد وزير البحرية الفرنسية جان فردريك فالبيو Jean-Frédéric Phélypeaux كونت دي مورباس Maurepas ، وبونشارتران Pontchartrain ، أن يحولها إلى مستعمرة . هذا هو القضاء الفرنسي في أميركا . ويوجه عام تبعت المنطقتان النهريتان ، منطقة سان لوران والمسيبي ومنطقة البحيرات

الكبرى ، خطأ مرسوماً سحب من طرف خليج سان لوران حتى بحر الانتيل : هذا القوس الدائري الضخم الذي كان يقطنه الفرنسيون ، امتد حتى أميركا الجنوبية . وبالنسبة الى مجمل السكان الانكليز الاميركان الذين كان عددهم حوالى مليون ونصف المليون ساكن سنة 1763 بدا الـ 65 ألفاً من سكان فرنسا الجديدة متفاوتين جداً من الناحية السكانية . إن الحيز الفرنسي في أميركا ، كتقسيم إداري تابع لوزارة البحرية كان مرتبطاً بالعالم الاطلسي . وحتى نهاية حرب الـ 7 سنوات ، ظل هذا الفضاء قسماً من فرنسا . ثم انفصل بعد معاهدة اوترخت Utrecht سنة 1713 عن الواجهة الاوقيانية ، خارج كاب - بريتون حيث تقع قلعة لويس بورغ ، وكانت فرنسا الجديدة ، أو كندا محاطة بشعوب الابلالاش Appalaches وبالمستعمرات الانكليزية الاميركية . وكان هذا الجزء مرتبطاً بفرنسا الام التي كانت في حالة تراجع على الصعيد البحري والاستعماري بالنسبة الى الخصم البريطاني ، منذ مطلع القرن 18 . وكان وادي سان لوران مثقلاً بقسوة الطبيعة ، فزاده المظهر السكاني فقراً ، بسبب النزوح نحو لوزيانا وبسبب إقامة الانكليز والاميركان من الهوغنوت الذين رفض ريشليو Richelieu ان يستقبلهم في فرنسا الجديدة .

وفي ظل الادارة الفرنسية ، تابعت كندا بعناء عملية تنظيم حياة جماعية ، مختلف تماماً عن تنظيم فرنسا ، وبصورة خاصة عن الجيران من الاميركان الشماليين . وكانت كندا ضمن إطار من التحرك الشامل الذي ارتداه التوسع الاوروبي بفضل الرسائل بين رجال العلم في القرن السابع عشر والثامن عشر ، وبفضل وجود ضباط البحرية ، وبملاحظة احداث التاريخ الطبيعي في أميركا الشمالية بصورة مباشرة ثم باستعداد الكنديين للابحار البعيد المدى ولاستثمار المساحات الواسعة

وبعد نهاية حرب الـ 7 سنوات ، ومعاهدة باريس سنة 1763 غير انتقال الامبراطورية ، أو نقل السلطة من فرنسا الى بريطانيا مسار الجماعة الكندية الناطقة بالفرنسية ، مع الأخذ في الاعتبار عوامل الاستمرار والعوائق الكامنة في الحيز الاميركي الشمالي .

الاستعمار الانكليزي - كان الانكليز مأخوذون في القرن 16 ، مثل كل الشعوب الاوروبية بحمى الذهب ، فحاولوا الوصول الى الهند التي لم يصل اليها كريستوف كولومبس . وعرف الايطالي جيوفاني Giovanni سباستيانو كابوتو Sebastiano Cabotto بتحويل من تجار لندن ، دون أن يثرا على العمر ، شواطئ البرادور وجزيرة الارض الجديدة واستبعد الانكليز وكذلك الفرنسيون من أميركا الجنوبية ومن أميركا الوسطى من قبل الاسبان ، الذين لم يستطيعوا رغم ذلك منع حملة دراك Drake وهوكن Hawkins ، من القيام بعملها رغم أنها تشكل خطراً دائماً على بلاد الهند .

وفي القرن السابع عشر اخذت قوة اسبانيا تتراجع ، أما بريطانيا فبالعكس كانت في أوج قوتها البحرية ، فلم يمكن استبعادها عن الاراضي غير المحتلة في أميركا الشمالية . وقد سبق لوالتر رالي Walter Raleigh سنة 1585 ان حاول بدون نجاح أن يؤسس مستعمرة في فيرجينيا وأقيمت أول مستعمرة انكليزية سنة 1607 في خليج شيزابيك .

وبعد ذلك عرفت أنكلترا نزوحاً نحو أميركا باعداد تتزايد باستمرار ، وكان النازحون مطرودين بفعل الاضطهاد الديني والسياسي ، ثم بالازمات الاقتصادية أو مدفوعين بحب المقامرة والطمع بالربح . وساهمت الحكومة بالاستعمار أيضاً ، وذلك عندما استبعدت نحو أميركا المحكومين تجاه الحق العام بعد نهاية تنفيذ أحكامهم . وتولت شركات تجارية أو جمعيات ملاكين يمتلكون اراضي وهبها الملك ، تولوا تجميع المستعمرين في انكلترا وفي ألمانيا وفي البلدان البروتستنتية .

كان هؤلاء المهاجرون يجدون أمامهم - عندما ينزلون في أميركا الشمالية مناطق من غابات واسعة ، مأهولة من قبائل هندية بدائية تعيش بشكل خاص على الصيد . وبحلولهم على الشاطئ ، كانوا يشكلون بؤراً معزولة بعضها عن بعض تنفرع بدورها لتشكل مستعمرات أخرى . وكان عدد هذه المستعمرات ثلاث عشرة في القرن 18 ، مختلفة جداً بعضها عن بعض . مستعمرات الشمال ، أو انكلترا الجديدة ، حيث تسود الروح النقوية « للاباء الحجاج للماي فلور » ، حيث يعيش المتوطنون على الزراعة وفقاً للأسلوب الأوروبي ، ومن التجارة أو الصناعة ؛ ومستعمرات أو مستوطنات الوسط ذات الجماهير المختلطة ، حيث الانكليز ، كأقلية ، يعيشون بشكل خاص من التجارة ؛ ومستعمرات الجنوب حيث تسود الارستقراطية ، ارستقراطية كبار مزارعي التبغ أو الأرز ، حيث عدد العبيد السود ما يفكك يتزايد .

في بادئ الامر ، كان لهذه المستوطنات أنظمة مختلفة ، ولكن في آخر القرن 17 ، توصل القوم الى نوع من التوحيد : فكان حاكم يمثل الملك ، ومجلس خاص يعينه الملك ، وجمعية منتخبة من قبل السكان الذين كانوا يصوتون على الموازنة ويصادقون على قرارات المجلس الخاص .

واستطاع المستوطنون الانكليز ، بعد صراعات دامية غالباً ، ان يطردوا نحو الداخل ، او يبيدوا القبائل الهندية المفككة ، ولكنهم وجدوا أوروبيين آخرين في مواجهتهم . وكان الهولنديون قد توطنوا في امستردام الجديدة ، فقصي عليهم سنة 1667 ، ولكن الفرنسيين بالعكس وسعوا مجاهم ، ثم من البحيرات الكبرى حتى الميسيسيبي ، قطعوا أمامهم الطريق نحو الغرب . ووقعت المعركة الخامسة سنة من 1754 الى سنة 1763 وانتهت بانتصار الانكليز .

وطيلة قرن بقي الخطر الفرنسي إحدى ذرائع العرش البريطاني الكبرى لكي يحتفظ بالمستعمرات تحت تبعيته . وأدى زوال الخطر الفرنسي الى عدم جدوى حماية أنكلترا ، ثم أن المستوطنين شعروا أنهم أقوياء بما يكفي لكي يعيشوا لوحدهم . ولم تكن أسباب النعمة ضد الوطن الام غير موجودة ، ولم تنفك تزداد خطورة ، بسبب السياسة التسلطية التي انتهجها جورج الثالث . وزادت أسباب عدة النعمة ، وأدت الى قطيعة 1775 والى اعلان الاستقلال سنة 1776 في تمموز .

وعندما قامت المستعمرات القديمة التي أصبحت بمساعدة فرنسا الولايات المتحدة الاميركية ، فأجبرت انكلترا على الاعتراف لها بالاستقلال سنة 1782 ، لم تطرد هذه من أميركا الشمالية . فقد بقيت لها كندا ، وقيت - كفرنسا - في جزر الانتيل (بارباد ، جامايكا) حيث غمت نفس الحضارة الاستعمارية كما في الانتيل الفرنسية .

II - أميركا الأسبانية

طيلة القرنين التاليين على الاستيلاء ، لم يكن للامبراطورية الضخمة ، امبراطورية الهند الغربية ، علاقات فعلية إلا مع اسبانيا . فقد ادى الفتح الى خراب الحضارات السابقة على كولومب ، والى قيام ثقافة اسبانية وكاثوليكية غت فيها . وبقيت هذه الثقافة بعد أن جلبها ، ونشرها وراقبها عن كتب الكهنة ورجال الدين من كل لون : فرانسيسكان ، ودومينيكان ، ويسوعيون ، ولكنها بقيت تقريباً محصورة بالسكان البيض ، الخلطاء والاسبان ، رغم أن الهنود لم يستبعدوا بصورة منهجية . وان العديد من الكليات فتحت خاصة من اجلهم ، وأهمها كلية تلال - تولوكو ، قرب مكسيكو .

في القسم من هذا المؤلف المخصص لعصر النهضة ، أشرنا عدة مرات ، الى المساهمات التي قدمها اكتشاف أميركا للعلم الاوروبي . إن طبيعة أميركا ومتوجاتها ، وآداب الهنود وتقنياتهم ، سوف تعرف في أوروبا ، من خلال روايات الفاتحين والمؤرخين الخاصين . ومن بين هؤلاء يذكر غونزالو فرنانديز اوفيدو Gonzalo Fernandez de Oviedo ، والبسوعي جوزف دي آكوسا Joseph de Acosta ، وبرناردينو ساهاغون Bernardino de Sahagun والإنكا غارسيلاسو دي لا فاجا : Antonio Vazquez de Espinosa و Garcilaso de la Vega وانطونيو فازكيز دي اسبينوزا

شروط الحياة الفكرية - لم تكن بلاد الهند الغربية يوماً مركز ابداع فكري ، بل نشأت فيها مراكز ثقافة ناشطة جداً عند الفتح . وفي اوج الازدهار ، لحظة الفتح ، انشأت اسبانيا فيها باكراً الجامعات (كان هناك حوالى 20 جامعة في مطلع القرن 19) ، تتنافس معها كليات دينية عديدة وأهم مراكز النشاط العلمي كانت مكسيكو Mexico وليما Lima ، وهما مركزا إقامة نواب الملك الاولين . وفي القرن 17 و 18 ، قامت جامعات اخرى في ستودومغو وفي شاركاس Charcas (سكرة اليوم) ، وستا في مدينة بوغوتا ، الخ . وعرفت هذه المراكز حياة فكرية ناشطة ولكن هذه الحياة اتجهت نحو المجالات الفلسفية والادبية .

وكانت الكتب في بادئ الامر معفاة من كل الضرائب دخولاً وخروجاً ، فكانت تستورد بأعداد كبيرة الى امبراطورية الهند الغربية . وكانت هذه الكتب خاضعة لمحكمة التفتيش الديني . ولكن هذه اظهرت من الناحية العملية لبييرية خاصة في مجال غير المجال الديني الخالص .

وكانت مكسيكو عاصمة اسبانيا الجديدة . فبلغت في القرن 16 مستوى فكرياً رائعاً . وأنشئت فيها أول مطبعة في العالم الجديد سنة 1535 (ونشر أول كتاب سنة 1539) . وقبل سنة 1579 قامت فيها ثلاث مطابع . أما الصحف فلم تظهر بصورة دورية فيها إلا سنة 1722 .

وكانت جامعة مكسيكو «ريال وبونتي فيسيا اونيفرسيتي دي مكسيكو» قد عيّدت سنة 1951 عيدها المئوي الرابع منذ انشائها . ولكن المحاضرات لم تبدأ فيها إلا سنة 1553 ، الحياة الفكرية فيها كانت أقل نشاطاً من الحياة في كليات سان فرنسيسكو وسان ديفرنسو . وأسس أول كرسي للطب سنة 1578 ، وتلت ثلاثه منابر قبل 1666 أما كرسي الرياضيات فقد انشئ سنة 1646 .

أما جامعة سان ماركودي ليا فقد أنشئت سنة 1551 وتمتعت بمدائح ضخمة أتاحت لها أن تغذي 32 كرسيًا منها كرسي للطب انشئ سنة 1638 . وأسست المطبعة في ليا سنة 1584 . وصدرت أول صحيفة دورية بعد سنة 1594 .

وفي القرن 18 وفي ظل حكم شارل الثالث قامت في أميركا الاسبانية نهضة فكرية جديدة حققة : فانشئت مدرسة للمناجم في مكسيكو ومعهد لعلم النبات في ليا ، ومرصد في ستافي من مدينة بوغوتا . وتم تأسيس جمعيات ومجلات علمية : منها سميناريو دي نوبا غرانادا . ماركوريو بيروانو (1791) تليفرافو مركنتيل (بونس ايرس ، 1801 ، الخ) .

الرياضيات - كانت غالبية الكتب الحسابية التي نشرت في أميركا الاسبانية قبل بداية القرن 19 ، تهتم بشكل خاص بالمسائل العملية الخاصة بهذه المستعمرات : أي بالعمليات التجارية الناتجة عن استثمار المناجم ، وحسابات القيم العائدة للذهب والفضة ، وحساب الكمية المتوجبة للملك اسبانيا .

وكان أول هذه المؤلفات هو : « سوماريو ... كتاس » (مكسيكو 1556) وكان مؤلفه جان دياز Juan Diez درس فيه مسائل تحويل العملة ، وحدد قواعد المعاملات التجارية ، كما عالج أيضاً عدة مسائل نظرية حول الاعداد والجبر . وكان المستوى شبيهاً بالمستوى الذي كان يُدرس في مدارس أوروبا يومئذ . ونشير الى كتابين مهمين : « ليبرو ... بلدنا اورو » (ليا 1597) لمؤلفه جون بلفدير Jean de Belveder وكتاب « ليبرو بلا تاروديزيدا » (ليا 1607) للمؤلف غارغا Garguilla . وكان أول كتاب حسابي حقاً نشر في مكسيكو : ارت بارا ... « مكسيكو (1623) ، وكان مأخوذاً عن الكتب الاسبانية السابقة . ثم الحق سنة 1649 بكتاب : « ارت ارمتيكا » لريتون A.Reaton . وكان المطول في الحساب العمل لمؤلفه ج . ج . باديا JJ.Padilla ، الذي نشر سنة 1732 في غواتيمالا أكثر كمالاً واحتوى بشكل خاص على دراسة الكسور العشرية . واستمر انتاج هذه الكتب حتى الاستقلال ، لسد حاجات الاستثمار المنجمي ، ثم فيما بعد لسد حاجات المدارس العسكرية .

واسند كرسي الرياضيات في جامعة مكسيكو التي أسست سنة 1646 الى فرنسوا ديقورودريك Fr. Diego Rodriguez الذي ترأس مع العديد من العلماء الاوروبيين . ونشر رسالة حول مذهب 1652 . وكان اشهر استاذ لهذا الكرسي هودون كارلوس سيفنزاغونغور الذي كان مطلعاً تماماً على أعمال العلماء الاوروبيين المعاصرين . واليه يعود الفضل في دراسة حول مذهب 1680 ، واثاء مناقشة مع يسوعي غمساي زائر في مكسيكو ، أثبت أن المذنبات ليس لها أي تأثير على الاحداث ، وهذه وجهة نظر تشرف التعليم العلمي في العالم الجديد . وفي آخر القرن 18 تفوقت الدراسة في مدرسة المناجم على دراسة الرياضيات في الجامعة ، اذ تضمنت الاولى مفاهيم الحساب اللامتناهي . وفي مجال الجيومتريا كان الانتاج فقيراً ، وقلما يمكن ذكر إلا دراسة واحدة حول تضعيف المكعب ، نشرت سنة 1696 من قبل استاذ في جامعة ليا .

علم التعدين والكيمياء - من المعلوم أن الاستثمار النجمي لعب دوراً كبيراً في غزو العالم الجديد . فالمناجم التي كانت معروفة من قبل الهنود الحمر سرعان ما استنفدت ، وفتش الاسبان عن مناجم أخرى واكتشفوها وكانت أكثر أهمية . وكان المنجم الشهير ، منجم الفضة في بوتوسي Potosi الذي عثر عليه صدفة في بيرو العليا (بوليفيا الحالية) سنة 1545 ، ومناجم زاكاتيكا ومنجم سستا بربارا ... في المكسيك ، هي في أساس الثروة التي حولت اقتصاد أوروبا في القرن 16 والقرن 17 .

واستعمل الاسبان في بادئ الامر وسائل الاستخراج التي كان يستعملها الهنود الذين توصلوا الى درجة عالية من التقنية المتقدمة . وكانت العملية تتركز على قابلية الفضة للذوبان في الرصاص الذائب ، ثم استخراج هذا المعدن الأخير بصورة تدريجية عن طريق الأكسدة في الهواء . وكانت العملية تتم في أفران صغيرة مثقبة بثقوب ومسخنة على فحم الحطب .

أما الأسلوب الجديد وهو أسلوب المزج (املغام) فقد ادخل الى المكسيك سنة 1556 من قبل برتولوميو دي مدينا Bartolomeo de Medina ، الذي تعلم هذه التقنية في اسبانيا على يد الماني . ويقوم الأسلوب على مزج تربة الفضة المطحونة والرطوبة « بالملح » (وهو حصىة تجميع بيريت النحاس) والزئبق . ويحصل من جراء ذلك مزيج من الفضة يتم فصله بواسطة التسخين . وقد أتاحت هذه الطريقة استعمال تربة الفضة ذات المعدل المنخفض مع توفير في استهلاك المحروقات .. وطبقت هذه الطريقة في بادئ الامر في المكسيك ثم اعتمدت من قبل بدرو فرنا فيلاسكو سنة 1572 وعممت حوالي سنة 1580 على مناجم الفضة في بوتوزي التي ازدهرت بعدها ازدهاراً حقاً . وادخلت تحسينات تقنية أخرى بعد ذلك : مثل استعمال المخروط المعدني لالتقاط أبخرة الزئبق وكذلك تحسين الأفران . وفي سنة 1591 نشر الاشيلي جان كرينانم تلميذ قديم في جامعة مكسيكو حيث علم ابتداء من 1607 ، كتاباً شهيراً عنوانه : « برميرو بارقي بروبليا ... » الذي تضمن بعض الدراسات حول التعدين ودراسة مفيدة في تفسير تفاعلات التمازج .

وفي سنة 1640 ظهر كتاب مطول ومهم جداً في التعدين عنوانه فن المعادن لالسنو باربا l'Alon-so Barba وفيه وصف بطريقة المزج المستكمل بالتسخين . وطبع من هذا الكتاب عدة طبعات في اسبانيا وفي المكسيك وفي البيرو وترجم عدة مرات الى الألمانية .

واستمرت التقنية تتحسن في القرن 18 مستفيدة من التقدم الحاصل في أوروبا . ودرس العديد من المدراء في مدرسة المناجم في مكسيكو ، في أوروبا وخاصة في فريبورغ وفي ايسال ، واستجلبوا الى اسبانيا الجديدة معدنين من الساكس . ويجب أن نشير بصورة خاصة الى فوستو هويار Fausto d'E-lhuyar مؤسس هذه المدرسة الذي اكتشف مع اخيه جوان جوزي Juan José الذي لعب دوراً كبيراً ومهماً في تاريخ المعادن في نوفاغرانادا ، والذي اكتشف التنجستين في اسبانيا . وعمل في مكسيكو طيلة 50 سنة تقريباً كيميائي مميز هو اندرزدل ريو Andrés del Rio ، وهو السباق الى اكتشاف الفناديوم وقد نشر سنة 1795 كتاب : « المتتاوريكثوغوزيا » .

وكان الاهتمام بالكيمياء قد تم بنشر أول ترجمة اسبانية لكتاب لافوازييه Lavoisier «المطولة الأولى في الكيمياء» وذلك لأول مرة في مدينة مكسيكو. يقول همبولد Humboldt «سوف يتعجب المسافر بدون شك، حين يجد داخل البلد، على حدود كاليفورنيا، شباناً مكسيكيين يتناقشون في موضوع تفكيك الماء وفقاً لاسلوب المزج في الهواء الطلق...» .

الطب - كان هناك كراسٍ للطب موجودة في مكسيكو منذ 1578 وفي ليما منذ 1638 .

وظل الطب في أميركا كما في أوروبا، في القرن 16، طلباً تقليدياً خالصاً، كما يدل على ذلك الكتاب الأول في الطب الذي نشر في مكسيكو بعنوان «أوبرا مديسينا» (1570) للطبيب ف. برافو F.Bravo الآتي من اسبانيا. إلا أن العديد من المؤلفات استلهم بخجل في مجال التطبيق، المعارف الوطنية المتعلقة بالقدرات الشفائية لدى بعض النباتات. من ذلك الطبعة الثانية (مكسيكو 1592) من كتاب «تراكتادو بريفي...» لـ لاوغستين فارفان Agustin Farfan، طبيب سابق لدى فيليب الثاني، وينصح فيه بعدة أدوية مستوحاة من الطبابة الهندية. ويتميز كتاب «ميليشيا... هندية» (مدريد 1600) للجندي فرغاس ماشوكا Vargas Machuca (1557-1622) بأهميته وإهتمامه بالممارسة الطبية. وهذا الكتاب الذي سمي «مرشد الفاعين» يعالج كل المسائل التي تعترض الفاتح الاسباني، ويعالج بصورة خاصة المعارف الطبية والعلاجات الضرورية في المعركة. وهذا الطب التجريبي يستعين بالتشخيص السريع وبالعلاجات البسيطة والسريعة وبعضها من أصل هندي.

إلا أن الطب الرسمي ظل أميناً للأفكار التقليدية، ومتجاهلاً، في القرن 17 والقرن 18 لقسم من التجديدات التي دخلت على الطب الأوروبي، كما نرى ذلك في أول كتاب طبي نشر من قبل مؤلف ولد في أميركا وهو كتاب ماركوس جوزي سلغادو Marcos José Solgado (مكسيكو 1727). ونذكر أيضاً أنه في أواخر القرن 18 كان اجراء الحفن قد انتشر بشكل واسع في اسبانيا الجديدة وإن التلقيح دخل اليها في سنة 1804.

علم النبات - لعبت أميركا الاسبانية دوراً كبيراً في تطوير المعارف النباتية، وخاصة كحقل تجارب بالنسبة الى العلماء الأوروبيين. وكانت نباتات أميركا، وخاصة طيلة حقتين موضوع إهتمام ودراسة. في القرن 16، أولاً، ومباشرة بعد الفتح. ثم في القرن 18 لاحقاً، بعد العديد من الحملات العلمية الآتية من أوروبا والتي اشترك فيها غالباً نباتيون أميركيون.

من المعلوم أن أميركا الاسبانية قد اغنت أوروبا بالعديد من النباتات التي قلب بعضها الحياة الاقتصادية بالعالم. ونحن نكتفي بذكر الامثلة الأكثر بروزاً. فكتبانات مستخدمة لغايات طبية هناك الكينا - الذي استخرجت منه فيما بعد مادة الكينين - ثم الكوكا، ثم المتي، ثم عطر البيرو، ثم القشاق والتبغ الخ. أما النباتات الغذائية فمنها الذرة ثم المنيهوت والفسقت والبندورة والكاكاو وبصورة خاصة البطاطا. أما النباتات الصناعية فهناك المطاط وشجرة البقم.

وكان سكان البلاد الاصليون يعرفون استعمال أغلب هذه النباتات. وكان الأزتك يعتنون

بجناين علمية نباتية حقة تحتوي على أغراس نادرة .

ولاحظ الفاتحون الاول غنى النباتات الاميركية ، وحاولوا أن يستولوا على تراث المعارف الهندية . ومنذ الفتح ، سرت معلومات كانت في الغالب كيفية حول موضوع القيمة الطبية للعديد من النباتات ، وخاصة حول القوة المضادة للسلسل في الخشب المقدس « الغايك » .

واستطاع برناردينو ساهاغون Bernardino de Sahagun (1499-1590) الحصول على معلومات ثمينة من الهنود الحمر ، ومن البستان الطبي مكتبوا في واكتبك . ولكن كتابه « هستوريا دي لا كوزا دو نونا اسبانيا » ظل بدون طباعة حتى سنة 1829 . وتعلق نقولا مونارد (1507-1588) Nicolas Monardes الذي كان يتاجر مع الهنود ، بدراسة النباتات في العالم الجديد . ونجح في تدجين بعضها في بستان له في اشيلية ، ونشر من سنة 1565 الى سنة 1574 ، كتاباً « هستوريا مديسنال » نال نجاحاً باهراً وترجم الى عدة لغات .

في سنة 1570 ، قام « مجلس الهند » في أميركا باستقصاء يتضمن حوالي خمسين من الاسئلة أغلبها يبحث في التاريخ الطبيعي ، والنباتات والادوية المستعملة من قبل سكان البلاد الاصليين . وبعد ذلك بقليل ، وبناء على تعليمات من فيليب الثاني ، قام طبيبه فرانسيسكو هرنندز برحلة في اسبانيا الجديدة ، من سنة 1571 الى 1577 ، فجمع العديد من المعلومات لدى الآتراك وعاد الى اسبانيا ، ويحوزته 16 مجلداً من الرسوم والنصوص المتعلقة بالتاريخ الطبيعي للبلدان المزارة . وبقيت نسخة في مكسيكو ، وقد لخصت تلخيصاً سيئاً من قبل فرانسيسكو غزيمتز في « كاترو ليبرو . . . » (مكسيكو 1615) . ورجع ن . آ . رشي N.A. Recchi طبيب فيليب الثاني الى أعمال هرنندز ونشر منها ملخصاً باللاتينية عند عودته الى ايطاليا (روما 1628) . وعمل العديد من أعضاء « اكاديميا دي لنسي » في طبعة ثانية لهذا المقتطف الذي أغنوه بالعديد من الملاحق .

ولم يصدر هذا « الرووم مديكارم نونا هسبانيا تروروس » إلا في سنة 1651 . إلا أن المواد التي جمعها هرنندز أودعت في مكتبة اسكوريال ، احترقت سنة 1671 مع حريق المكتبة .

واحتوى مطول كاردناس Cardenas المذكور ، ايضاً بعض المعلومات حول النباتات وورد فيه ذكر للذرة والتبغ والكوكا وبعض النباتات النومة . وقدم مخطوطاً كتب سنة 1552 تقريباً باللغة المحلية من قبل الطبيب الهندي مارتن دي لاکروز ، وترجم الى اللاتينية من قبل احد زملائه الهنود في كلية تلال تليلولكو ، جوان باديانو Juan Badiano ، معلومات مفيدة . واكتشف ثانية سنة 1929 في مكتبة الفاتيكان ، ونشر سنة 1940 ، ونشر اليسوعي الاسباني جوزي دي اكوسا José de Acosta (1539-1600) بعد اقامة طويلة في أميركا الاسبانية ، وخاصة في البيرو والمكسيك ، كتاباً اسمه « هستوريا . . . » (اشيلية 1590) وفيه يشير في الفصل المتعلق بالتاريخ الطبيعي الى عدة نباتات أميركية : الذرة ، البطاطا ، الاناناس ، الموز ، الكاكاو ، الأغاف والكوكا . الخ .

وقد أثارت النباتات الاميركية اهتماماً متجدداً في القرن 18 .

وكانت قيمة بعض النباتات معروفة تماماً في أوروبا ، مثل قيمة قشر الكينا الذي كان يشفي من الحمى الثالثة والرابعة والتي انتقل استعماله من البيرو الى اسبانيا ، ثم الى مختلف بلدان أوروبا . وكان المراد أيضاً درس وجمع نباتات بذات الأهمية ، مع ارضاء فضول علماء النبات الذين كان العالم الجديد يقدم لهم حقلاً واسعاً من التجارب .

وكانت أميركا الجنوبية مسرحاً للعديد من البعثات العلمية . واستكشفت شواطئ البيرو والشيلي من قبل الفرنسيين فرنسوا فوييه Francois Feuillee (من 1707 الى 1712) وفريزيه Frésier (من 1712 الى 1714) . وفي سنة 1735 ، أرسلت أكاديمية العلوم في باريس بعثة بقيادة بوغر Bouguer ، وكوندامين Condamine ، بقصد قياس قوس خط الهجرة قرب خط الاستواء . وظل العالم النباتي في البعثة جوزف دي جوسيو Joseph de Jussieu ، وقد جذبه هذا الحقل الواسع من البحوث ، 35 سنة في أميركا الجنوبية ، وكان يرسل لآخوته العديد من المذكرات ، ولوائح بالنباتات والبذور . ووجه كوندامين الى أكاديمية العلوم ، سنة 1738 ، أول وصف لشجرة سماها كنكينا . وبعد نهاية العمليات الجيوديزية ، نزل الامازون وذهب الى غويانا . وبعد عودته ، قدم أمام الأكاديمية ، سنة 1751 ، مذكرة « حول صمغ مطاخي مكتشف جديداً في كايان . . . » صمغ سماه كاهوشو . وأضاف ملك اسبانيا الى البعثة الفرنسية ضابطين شابين اسبانيين جورج جوان وانطونيو أولوا . ونشر هذا الأخير سنة 1748 « تقريراً تاريخياً . . . عن أميركا الجنوبية » .

وينفس الحقبة تقريباً ، استكشف اليسوعي الشيلي ج . ي . مولينا J.I. Moli (1738-1829) na الثروات الطبيعية في الشيلي . وابتعد سنة 1768 ، فنشر سنة 1782 ، في بولونية ، نتائج بحوثه ، وخاصة كتاباً عن نباتات الشيلي . ونذكر أيضاً مرور البعثات المشهورة ، بعثات بوغنيل Bougainville وكوك Cook ، على شواطئ أميركا الجنوبية .

واحدث مجيء شارل الثالث تغييراً عميقاً في السياسة الاستعمارية الاسبانية . ومن اجل وضع جردة بالموارد النباتية في أميركا الاسبانية ، تقرر ارسال عدة بعثات علمية نباتية الى البيرو والشيلي والى غرناطة الجديدة وأخيراً الى المكسيك . .

وتولى قيادة بعثة البيرو والشيلي من سنة 1778 الى سنة 1788 هـ . رويز Ruiz H. وج . بافون J.Pavon اللذان رافقهما في قسم من رحلتها الفرنسي ج . دومبي J. Dombey الذي عرفته إخفاقاته .

وكانت نتائج هذه البعثة قد نشرت جزئياً في مدريد من سنة 1798 الى سنة 1802 . أما ج . ك موتيس J.C.Mutis فقد أرسل سنة 1760 الى غرناطة الجديدة (كولومبيا) فظل فيها ، فجمع العديد من العينات عن نباتات نفذ لها رسومات رائعة واعطى ليني Linné بعضاً من عيناتها .

أما البعثة الى اسبانيا الجديدة بقيادة م . سيسي M.Sessé فلم تصل الى مكسيكو إلا في سنة 1787 . وكانت اهدافها الاولى إقامة بستان نباتي في مكسيكو وكرسياً إضافياً (1788) ثم اصدار طبعة

كاملة عن أعمال هرنندز (ثلاثة مجلدات ، مدريد 1790) سندا للمستندات العملية التي بقيت في المكسيك . وقام جدل حار بهذه المناسبة بين البعثة الاسبانية وعلماء النبات المولدين حول موضوع لبني والمعارف النباتية عند الازتيك . وبعدها جاب رئيس البعثة م سيسي M.Sessé ومساعدته المكسيكي ج . م . موسينو J.M.Mocino ، من سنة 1795 الى 1804 ، أكثر من 3000 كلم في أميركا الاسبانية ، مكونا مجموعة من الاعشاب غنية جداً ، ومجموعة رائعة من الصور الملونة ، نشر قسم منها من قبل عالم النبات السويسري أ . دي كندول A.de Candolle .

وفي ريو دي لابلاتا Rio de la Plata ، تحبب الإشارة الى الدور المهم الذي لعبته اللجان التي قدمت سنة 1780 لتدرس الحدود بين الممتلكات الاسبانية والبرتغالية . وقد ساهمت الدراسات التي قام بها اعضاؤها في تحسين معرفة الجغرافيا ، وعلم الخرائط ، وعلم الاعراق (اتنوغرافيا) ، وفي حالة فليكس دي آزارا Felix de Azara ، كذلك تحسين المعرفة بعلمي الحيوان والنبات في هذه المناطق .

وتحبب الإشارة ايضاً الى الدراسات المجرة ، في نهاية القرن ، من قبل ل في وت . هانك L.Née et Th.Hoenke ، وهما عالمان طبيعيان ملحقان بالبعثة التي كانت بادارة السندرومالاسينا من 1789 الى 1794 . ونشر وصف لقسم من النباتات المجموعة من قبل هنكي Haenké ، في براغ سنة 1825 ، وبصورة خاصة يجب أن نذكر الرحلة الكبرى التي قام بها بين 1799 و 1804 سكندر فون هبولد وإيمي بونبلان ، هذان الرحالتان اللذان زارا قسماً كبيراً من أميركا الاسبانية قطعاً فيها قطعاً استثنائياً ، من المعلومات حول الحيوان والنبات ، والجغرافيا والاتنوغرافيا ، جمعت في سلسلة كاملة من الكتب منها « محاولة حول جغرافية النباتات » (1805) ، ثم الكتابان المهمان « بلانتا آكينوكسيال » (باريس 1805-1818) . هذه الانجازات القيمة فتحت عهداً جديداً في اكتشاف واستثمار الثروات الطبيعية في أميركا الجنوبية ، ولكنها لا يمكن أن تنمي أهمية إنجازات الطبيعيين الذين جلبوا للعالم معرفة واسعة عن هذه النباتات ، والذين نشروا زراعة العديد من النباتات المفيدة .

III - البرازيل البرتغالية

كان النشاط الفكري في البرازيل محدوداً نوعاً ما خلال الفترة الاستعمارية ، جزئياً بسبب اندماجه الوثيق بالبرازيل الام ، ثم بسبب تشتت المراكز المدنية .

كانت السياسة الاستعمارية البرتغالية تهدف الى الغاء كل نشاط فكري في هذه المستعمرة ، فلم تحصل البرازيل على جامعة ولا على مطبعة . واقتصر التعليم ، ايضاً ، في القرن 18 ، على التعليم الثانوي المقدم من قبل اليسوعيين ، بالشكل التقليدي الادبي الخالص .

وأشار بعض المسافرين الفرنسيين ، منذ القرن 16 ، الى البرازيل وإلى السكان الاصليين توبي - غاراني ؛ من هؤلاء المسافرين تيفت Thévet الذي سافر مرتين الى البرازيل سنة 1550 و 1554 ، ثم ليري Léri ، مرافق فيلغينيون الى جزيرة الفرنسيين .

ونشر البرتغالي - ج س . دياس دي سوزا G.S.de Souza الذي أقام في باهيا ، بين 1568 و1590 ، وإنشأ فيها مطحنة لقصب أسكر ، قبل أن يستكشف تربية المعادن والاحجار الكريمة ، داخل البلاد - « تراتادو . . . برازيل » ، وتضمن هذا الكتاب معلومات مهمة حول حيوانات ونباتات البرازيل . نذكر أيضاً « اكتشاف الكورار » سنة 1563 ، من قبل ب . م . دانجير الذي رافق الجيوش البرتغالية الى باهيا . وفي القرن 17 ، تمت حركة علمية مشرقة نوعاً ما ، في البرازيل الهولندية في رسييف ، حول موريس دي ناسو Maurice de Nassau ، من 1637 الى 1644 . وإنشأ هذا الأخير مرصداً ، وبستاناً نباتياً وحيوانياً واستقدم معه العديد من العلماء الذين نشرت مؤلفاتهم عند عودتهم الى البلدان المنخفضة . نذكر منهم طبيباً من امستردام ، بيزو Piso الذي درس النباتات الطبية وسم الكوبرا ، وخاصة شريكه الألماني ج . ماركغراف G.Maregrav الذي وضع « التاريخ الطبيعي للبرازيل » (امستردام 1648) . وهو كتاب مهم جداً لمعرفة النباتات والحيوانات في البرازيل . والذي قام بملاحظات مهمة طوبوغرافية ، واورصادية جوية وفلكية - وقد رصد بشكل خاص كسوف 1640 والمؤلف المذكور من قبل ماركغراف ، يعزوا الى نقص غذائي في حالات العمى الليلي الملحوظ وجوده لدى عبيد في المنطقة التي أقام فيها ناسو Nassau مستوطنته . وفي سنة 1643 ، نفذ الهولندي اكهوت Eeckhout سلسلة من الرسوم الملونة حول توبي - كاراي . وعدا عن هذا المركز الثقافي العلمي الذي زال بزوال الهولنديين ، لا نتمكن الاشارة إلا قليلاً الى عدد من الدراسات حول النباتات وحول المناظر الاستوائية ، قام بها علماء اجانب متنوعون : وليم دامبييه William Dampier 1704 ، ل - أ بوغنفييل L.A.de Bougainville الذي توقف في ريو دي جانيرو سنة 1765 ، وفيليب كومرسون Ph.Com-merson الذي قدم لبستان الملك مجموعة جميلة من نباتات البرازيل ، وسير جوزف بانكس الذي أقام فيها سنة 1768 .

ويتوجب أخيراً ذكر أن بورتولومو لورنسو Bartholomeu Lourenço الملقب غوسماو (1724-1685 Gusmao) الذي كان احد الطليعيين في الصعود الى القضاء بالمنطاد ، كان برازيلياً ، ولد في سانتوس ، ثم جاء الى البرتغال صغيراً ، فدخل في جمعية يسوع . وجعلته تجاربه التي اجرها في لشبونة سنة 1709 يعتبر احياناً وكأنه السابق المباشر للاخوين مونغولفييه ، والواقع أن تجاربه اقتصرت على الارتفاع عدة أمتار ، بواسطة بالون صغير منفوخ بالهواء الحار . أما نسبة رسمة « باسارولا » الى غوسماو ، وهي مشروع كفي لآلة طائرة استشارت الفضول في مطلع القرن ، فهي مضللة . كان غوسماو اكاديمياً ، وجابي صدقات ملكي ، وقد لوحق من قبل محكمة التفتيش في أيلول 1724 وهرب الى طليطة حيث مات بعد شهرين .

وكان لا بد من انتظار نهاية القرن 18 ، حتى تظهر في البرازيل نهضة علمية جديدة ، تبعت عصرنة العلوم في البرتغال ، وتبعت نهضة جامعة كومبر بتأثير الماركيز بومبال Pombal ، واحب كثير من البرازيليين الذين درسوا في كومبر مذاق العلوم . في حين تأسست في ريو دي جنيرو اكاديمية علمية وجمعية أدبية ، كما حدد الجغرافي لارسيدا الميدا Larcadae Almeida مستحدثات العديد من

مدن البرازيل ووضع خارطيات لعدة مناطق . وقام العالم النباتي اسكندر رودريغ فريرا الملقب همبولد البرازيل باستكشافات علمية في الامزونيا وكتب العديد من الدراسات في علم النبات وعلم الحيوان . ونقلت مخطوطاته من لشبونة الى باريس ، بعد ان احتل الفرنسيون البرتغال سنة 1808 . واستفاد من هذه المخطوطات جوفروا سانت هيلر Geoffroy Saint-Hilaire .

أما العالم بالمعادن جوزي بوري فاشيو José Borifacio فدرس مناجم البرازيل قبل أن يصبح صاحب كرسي في علم التعدين في جامعة كويمبر .

ولكن البرازيل كانت ما تزال محكومة بقسوة من قبل لشبونا . ولهذا منعت الحكومة البرتغالية همبولد من دخول البرازيل سنة 1800 . وادى الاحتلال الفرنسي للبرتغال الى اجبار الامير الوصي على العرش ، الملك جان السادس مستقبلاً الى اللجوء الى البرازيل ، مما حول الحياة في المستعمرة . وفتحت البرازيل أمام التجارة الخارجية ، وتأثرت بالعالم الخارجي . وتأسست فيها المؤسسات العلمية والثقافية العديدة : مثل المطبعة الملكية ، البستان النباتي ، المتحف الملكي ، الكلية الطبية الجراحية ، الاكاديمية العسكرية الخ . كما شجعت الدراسات العلمية والتقنية - نذكر مثلاً الترجمة البرتغالية لكتاب لافرو : « متممات الجبر » (ريودي جنيرو 1813) . ونفس الحقبة نشر ف . ميلوفرنكو F.de Mello Franco 3 مطولات مهمة جداً حول الحميات التي تحتاج ريودي جنيرو وحول علم الصحة وحول فن رعاية النسل .

ودخلت البرازيل بعد هذا في حلقة العلم العالمي . ولكنها عندما أصبحت دولة مستقلة كان عليها أن تعمل الكثير لسد النقص التراكم عبر ثلاثة قرون

IV - أميركا الفرنسية

في القرن 17 و18 ، شكلت وزارة البحرية ، المسؤولة عن فرنسا الجديدة ، مركزاً للتوسع الاستعماري والاقتصادي والعلمي . وكان هذا المركز يتمحور حول برنامج معقد : الابحار البحري أو المحيطي ، العناية بالمدن الثغورية والعناية بالشبكة الهيدروغرافية ، رعاية الحيز الفرنسي في أميركا .

ومع الاخذ بالاعتبار مجمل العلاقات بين أوروبا وأميركا ، يضع تحليل ترابط مختلف مكونات الثقافة الفرنسية في تلك الحقبة تحت الضوء أهمية وزارة البحرية بالنسبة الى المستعمرات . وبالفعل كانت هذه الوزارة عامل حضارة . فقد ساهمت في حركة الهجرة نحو أميركا ؛ وشجعت البحث العلمي والتبادل الثقافي والاقتصادي في عالم الاطلسي . ونشأت المستعمرات من الحاجة الى المنتجات التي تطلبها الدول الام . وانطلقت هذه المستعمرات على أساس توسع التجارة الاطلسية .

واحدث ارتفاع الطاقة العلمية ردة فعل تسلسلية أصابت كل مناحي الحضارة . وادى هذا الصعود الى استحداث مواقف فكرية جديدة والى تدقيق الدقة .

وتم استلحاق الجهاز البشري اللازم للبحوث في مجالات الهيدروغرافيا وعلم الفلك البحري وعلم الخرائط عن طريق وزارة البحرية حيث كان يتدرب الحكام والولاة الذين كان الملك يسميهم لفرنسا الجديدة .

وكان الأمناء العامون التابعون للبحرية أمثال جان باتيست كولير Jean-Baptiste Colbert ، ولويس فليبو Louis de Phélypeaux ، كونت بونشارتران ، وجان فردريك فليبو Jean Frédéric Pélypeaux ، كونت مورباس Maurepas ، وبونشارتران Pontchartrain ، وانطوان لويس روبا Antoine Louis Rouillé كونت جوي وكلهم من المتحمسين المتنورين للعلم الفرنسي ، فأعطوا لمحتلي الملك في كندا تعليمات تتعلق برصد ومراقبة الأحداث الداخلة في التاريخ الطبيعي . وقبل لافرازيه أسس ولاية فرنسا الجديدة ، مزارع حقيقة تجريبية ، منها مزارع جان تالون Jean Talon وجيل هوكار Gilles Hocquart . ويعتبر الاستقصاء الديموغرافي للوالي تالون من أوائل الأعمال الحديثة في هذا المجال . وبتأثير وتشجيع من تالون Talon ، اطلع س.ف. دومون سانلوسون S.F. Daumont de Saint Lussون ول. جولي L. Jolliet استاذ علم الخرائط المائية في كلية كيبك ، وب. ماركيت P. Marquette ، وب.د. سان سيمون P.D. Saint-Simon ، وب. البانيل P. Albanel ، كلهم عرفوا الواقع الجغرافي للقارة الاميركية الشمالية .

وبرزت في تقاريرهم الى الاكاديمية الملكية للعلوم هذه الوقائع فصورت أمام وزارة البحرية وأمام بستان الملك ، وضمت الى أميركا الفرنسية مركز بحوث دولة حديثة . ودعماً لهذا الموضوع ذي الطبيعة العامة ، يجب أن نذكر ، مع اشياء اخرى الانجاز العلمي الذي حققه هـ . ل . دوهامل مونسو H.L. Duhamel du Monceau بصفته مفتشاً للبحرية ، وانعكاس هذا الانجاز على كندا . كما تجب الإشارة الى الحملات الجغرافية بقيادة روبر كافليه دي لاسال ولويس هانيبي ، وغولتيه دي لافرنديري . والخرائط الهيدروغرافية الملكية لكندا التي وضعها ج . ب . ل . فرانكلين J.B.L. Franquelin ، وكذلك المراسلات المتبادلة بين الباحثين في فرنسا الجديدة والباحثين في أوروبا وخاصة تورنفور وريومور وجوسيو وبوغر Réaumur, Jussieu, Bouger ، وبوفون Buffon والسويدي ب . كالم P. Kalm تلميذ لبني .

وسندا لماري فيكتورين Marie Victorin مؤلف كتاب النباتات اللورنتية قد يكون الوصف الدقيق لكتيب بريون Brion في جزائر الماديلين من قبل جاك كارتيه Jacques Cartier ، وقد نشر في القرن الـ 20 . وتضمنت روايات رحلات شمبلين وليسكاريو وساغار ، ورسائل المبشرين ، المعروفة تحت اسم « رسائل اليسوعيين » ، معلومات ثمينة تتعلق بنباتات شمال أميركا ، وساهم بستان الملك في حركة نشر المعارف العلمية المجموعة في أميركا : وشجع ج . ك . فاغون G.C.Fagon زراعة النباتات الاستعمارية كما شجع الاستقصاءات التي قام بها ب . بلوميه P.Plumier في جزر الانتيل واستقصاءات ب . فويه في أميركا الجنوبية . أما السراسيني وهي تحفة السافانا الكندية ، بحسب تعبير ماري فيكتورين ، فمدينة بأسمها الى ميشال سارازين Michel Sarrazin ، مراسل

تورنفور Tournefort وريومور Réaumur ، أما النباتات التي دونها سارازين Sarrazin وج. ف. غولتيه J.F.Gauthier فقد حللها ج. روسو J. Rousseau .

وفي النصف الاول من القرن 18 ساهمت لوزيانا ايضاً في ادخال نباتات اميركية الى فرنسا والرسائل التي أرسلها جان برات Jean Prat من أورليان الجديدة الى برنار جوميو في بستان الملك ، ما تزال محفوظة في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي .

إن هذه الرسائل فضلاً عن أنها تصف الظروف الاقتصادية الاجتماعية في لوزيانا بخلال السنوات 1735-1746 فهي تكشف عن العلاقات التي كانت قائمة بين هذه المستعمرة والوزير مورباس Maurepas . وعلم النبات الذي يشكل الموضوع المسيطر في هذه الرسائل بين برات وجوميو ، كان يهذب التبادل بين فرنسا الجديدة وعلماء الوطن الفرنسي الام . لقد حلل ب. جوميو وب. بوغر كتاب دوهامل دي مونسو حول الاشجار والشجيرات ؛ وتضمن هذا الكتاب إشارات عدة الى نباتات أميركا . وبفضل البحرية ، يَسَّر العمل الفرنسي الكندي ، مؤلفة الاشجار من أصل مناطق سان لوران ، والجزيرة الملكية المسماة اليوم جزيرة كاب بريوت ، ولوزيانا ، في بستان الملك .

بالإضافة الى خارطة فيليب بواش Philippe Buache ارتكز الوصف المعدني لكندا ، من قبل ج. ي. غيتار على بحوث رولان ميشال باران دي لاغاليسونيار حاكم فرنسا الجديدة وبحوث جان فرنسو غولتيه طبيب الملك وعالم نباتي . وفي كتاب « تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم » شدد غيتار على المساهمة الكندية في انجازه العلمي . وسنداً لـ د. ج. ستروك D.J.Struik لقد استبق ، في دراسته المقارنة لجيولوجيا كندا وسويسرا ، نظرية التجمدات التي طورت فيما بعد . وأعطى تقدم العلم البحري الفرنسي ثماره في كندا : فالهيندس ليفاسور Levasseur نفذ في معمل كيبك مبادئ الرياضيات التي وضعها ب. بوغر P.Bouguer حول بناء السفن والنظرية حول مناورتها . وقد اخذ بوغر بالملاحظات الفلكية التي وضعها م. شارتيه دي لوتبينيير M.Chartier de Lotbinière . كما عرف ايضاً أعمال ب. ج. دي بونكامب P.P.J. de Bonnécamp استاذ الهيدروغرافيا في كلية كيبك ويعود الفضل الى غاليسونيار Galissonière وكان يوشل مدير مستودع الخرائط والتصاميم في البحرية ، الفضل باعداد البعثة الهيدروغرافية بإدارة ج. ب. شابر دي كوغولين J.B. Chabert الى كندا سنة (1750-1751) . ونورت هذه البعثة دور الوزير مورباس الذي كان يهتم بتصحيح الخرائط البحرية في عصره . وكان الهدف بالضبط تعديل خرائط شواطئ أكاديا والجزيرة الملكية وجزيرة الارض الجديدة ، ثم تثبيت النقاط الرئيسية بالملاحظات الفلكية . ونشر شابر في باريس تقريره عن رحلته سنة 1753 .

وبفضل مساعدة شارتيه دي لوتبينيير Chartier de Lotbinière ، ومساعدة ب. بونكامب P. Bonnécamp ، وج. ف. غولتيه J.F. Gauthier حاكم فرنسا الجديدة ، كان غاليسونيير في مركز الاهتمامات العلمية في الحيز الفرنسي في أميركا ، والمركزة على إهتمامات وزارة البحرية ، وبستان الملك والاكاديمية الملكية للعلوم . وبحسب تعليمات مورباس ، استضاف غاليسونيار Galissonière في

كندا العالم الثباتي السويدي ب . كالم . وتضمنت رواية كالم عن الرحلة معلومات مفيدة تتعلق بالمظهر الاجتماعي الثقافي لكندا وأيضاً عن الحياة العلمية التي كان يحضرها غاليسونيار وغولتيه وتدل التقارير التي تضمنتها كتب الرحلة الموجودة في السفن الملكية التي كانت تبهر بين فرنسا وفرنسا الجديدة في القرن 17 والقرن 18 ، وكذلك المراسلات المتبادلة بين وزارة البحرية والحكومة الاستعمارية ، على الروابط التي كانت تجمع عبر الاطلسي ، بين فرنسا وحيزها في أميركا الشمالية .

وتشكل المصادر الضخمة المخطوطة ، والتي أودعت حديثاً في الولايات المتحدة⁽¹⁾ . مجموعاً مستنداً غنياً جداً ، يستخدم كأساس ، بمساعدة من « مجلس الفنون في كندا » ، لوضع دراسات جديدة حول النشاط العلمي في « فرنسا الجديدة » ، كقسم إداري من وزارة البحرية الفرنسية .

وفي مجال الهيدروغرافيا ، وعلم النبات وعلم الناجم ، وعلم الفلك البحري ، تسجل كندا أو فرنسا الجديدة في القرنين 17 و18 ، ضمن الحركة الفرنسية لتنمية ونشر المعارف العلمية . وقد بين كساب جون و . ريس John W. Reps تكسون أميركا المدينة The making of urban America (برنستون 1965) بأن نماذج كيك ومونريال ، وأورليان الجديدة ، قد لعبت دوراً مهماً في التنظيم المدني في أميركا الشمالية ، في الحقبة الاستعمارية . ومسألة النشاط العلمي في فرنسا الجديدة ، وعلاقات الباحثين في كندا مع الباحثين الأوروبيين ، تقع في آفاق أميركا الفرنسية التي كانت تشكل حقاً قسماً متكاملًا مع فرنسا حتى سنة 1760 .

V - أميركا الشمالية البريطانية

إذا اعتبرنا تطور العلم الأميركي قبل تأسيس جمهورية الولايات المتحدة ، لا يسعنا إلا أن ننأثر بوجود حتى مثل هذا النشاط العلمي . ويمكن الظن بأن الضرورات الملحة في بلد جديد ، وحاجاته الى التفصيل والى التصغير - بناء المدن ، قطع الغابات وخلق الأراضي القابلة للزراعة ، الصراع ضد الهنود الحمر والحروب الأوروبية ، نقل الحدود نحو الغرب ، والحاجة الملحة للحصول على المواد اللازمة للحياة - جعلت اعتبار البحث العلمي ابهة لا يمكن الوصول اليها . ومع ذلك ، في القرن 17 و18 ، كان الانجذاب الى العلم قوياً الى حد حمل على انشاء جمعيات علمية في مستعمرات أميركا ، والى حد القيام بمختلف البحوث العلمية وإن العالم الجديد قدم مساعدات من الطراز الاول

الأوصاف الأولى للحيوان والنبات - إننا نجد بداية مناسبة لدراستنا في الارساء ، في 17 آب

(1) مؤسسة مورياس Maurepas : جامعة كورنل ، وجامعة أوهيو الحكومية ، وجامعة روتشستر ، ثم متحف

لابون ونترثر ، ديلاور ؛ مؤسسة هنري لويس دوهاميل دي مونسو Henri Louis Duhamel du Monceau

Monceau : الجمعية الفلسفية الأميركية ؛ مؤسسة انطوان لويس بوغفيل Antoine - Louis : مكتبة

1585 ، في ونغانداكو، فيرجينيا (اليوم كارولين الشمالية) لتوماس هاريو Thomas Harriot وهو أول انكليزي استكشف ووصف الخصائص الطبيعية لأميركا الشمالية

كان هاريو Harriot معروفاً كجبري أكثر منه عالماً طبيعياً ، وأرسل الى فيرجينيا كمساح ، وملاحق ومؤرخ رسمي ، وبقي فيها قرابة سنة ، وعاد الى انكلترا في تموز 1586 . واذن فقد تضمنت أول مجموعة حاولت أن تقيم مستوطنة بريطانية في أميركا مراقباً علمياً متميزاً

وعند عودته الى انكلترا ، نشر هاريو «تقريراً موجزاً وحقيقياً عن الارض الجديدة : فيرجينيا» (48 ص قطع ربعي ، لندن 1588) . وهذا المجلد أعيدت طباعته سنة 1590 مع رسومات مستوحاة من ملونات جميلة رسمها رفيق لهاريو اسمه جون وايت John White . وما يزال هذا الكتاب حتى اليوم يؤثر بصدقه وصحته غير المصطنعة

من ذلك أن هاريو قد صرح بأنه عرف اسماء 28 حيواناً. ، ولكنه لم ير شخصياً إلا 12 . أما وصفه لللايليات (مجموعة الياثل) الأميركية فلم يُعل عليه طيلة قرنين . وقد عرف هاريو أسماء 86 طائراً ، كما حصل بواسطة وايت على رسوم لـ 17 نوعاً أرضياً و8 أنواع مائية . وبفضله عرف الأوروبيون العديد من الأشجار والشجيرات وغيرها من النباتات والأسماك والصدفيات . ونقل الى أوروبا نباتات التبغ والبطاطا ، وربما كان أول مدخن معروف مات بسرطان الرئة .

وبعد هاريو جاء رجال آخرون اكفيا تركوا لنا لموصافاً دقيقة للمنطقة ، وللحيوان والنبات الموجودين فيها . وصل الكابتن جون سميث John Smith الى جامستون سنة 1606 فكتب « وصف لانكلترا الجديدة » (لندن 1616) وقد اعطى هذه المنطقة اسمها الحالي ، ووصف لأول مرة العديد من الثدييات (ومن بينها الابل) والاسماك والقواقع وازهاراً وطيوراً وأشجاراً . ونذكر ايضاً « مشاهد عن نيو انكلند » لوليم وود William Wood (لندن 1634) ، نيو انكلش كانان لتوماس مارتون Thomas Morton (امستردام 1637) . وفي أواخر القرن ، أتاحت غزارة الادب لجون جوسلين John Joselyn أن ينشر كتاباً تركيبياً استخلاصياً « نوادر نيو انكلند المكتشفة : الطيور ، الحيوان ، الاسماك اللافاعي والنبات في هذه المنطقة » . ولكن الاوصاف الجيدة والدقيقة والصحيحة أمثال اوصاف هاريو وسميث ، زالت لتحل محلها لغة مزوقة وحكايات غير مراقبة . وليس من السهل جداً التمييز بين ما جمعه جوسلين ودججه واخترعه . كتب يقول : « إن الشعر يتحول عادة الى شوفان » مطبقاً بالتالي على العالم الجديد هويات « التاريخ الطبيعي » لبلي Pliny . ولماذا قبل الأوروبيون بهذه الاباطيل ؟ ربما لأن العالم الجديد كان بعيداً جداً ، فبدا لهم أن كل شيء ممكن في هذه المملكة الأجنبية .

انجازات علماء النبات الاميركيين في القرن 18 - في مطلع القرن 18 رأت أميركا صعود نشاط قوي في مجال علم النبات ، فالى جانب الاهتمام الدائم الذي تقدمه منطقة ذات نباتات مجهولة ومفيدة ، كان هناك الطلب الآتي من انكلترا على النباتات الجديدة ، التي من شأنها أن تقدم منفعة طبية . لقد كانت الزراعة في تلك الحقبة النشاط البريطاني الرئيسي وكانت هذه البلاد مسرحاً لقيام

بساتين مرتبة ومدروسة بحسب النمط الهولندي وبحسب التنظيم المنظري للممتلكات

وقدم علماء الطبيعة الاميريكون النباتات المفيدة والمطلوبة . ولكن هؤلاء النباتيين لم يكونوا مجرد جامعين للنباتات ، بل درسوا تشريح النبات (وخاصة الزهرة) وتحليلوا بعض التجارب المهمة في مجال الفيزيولوجيا . وكان الانجاز الكبير الاول والعلمي في العالم الجديد ، سلسلة من التجارب حول التهجين Hybridations النباتي الاصطناعي أو المراقب . وأهمية إنتاج هذه المدجنات ناتجة عن علاقاتها بنظرية الجنسية النباتية ، التي كانت تبحث تبعاً لأفكار قدمها نهمياه غرو للجمعية الملكية سنة 1676 . وذكر كوتون ماثر Cotton Mather عضو الجمعية الملكية ، التجارب الاولى حول التدجين النباتي في كتاب ارسله من بوسطن في 24 ايلول 1716 الى جامس بتيفر James Petiver وفيه يصف بوضوح إنتاج « مدجنات زي مايا » و« كوكويتا بيبو » ولاحظ « عملية تنظيم الخلايا » التي تقترب به ، وكذلك ظهور السيطرة . وأدخلت مادة هذا الكتاب في فصل « في النباتات » من كتاب ماثر المعنون « الفيلسوف المسيحي » (لندن 1720) ، أول كتاب جامع حول العلوم ، مع إضافة « تعديلات ذات استلهاهم ديني »

وقد كتب هذا المؤلف في أميركا البريطانية . وتكلم ماثر الذي كان يأخذ بنظرية غرو Grew حول جنسانية النباتات ذات الزهر ، عن « قلم السمة » (المسمى آتيور من قبل الدكتور غرو) وفيه نوع من المني الذكري من اجل تخصيب البذرة . وبعد ذلك بقليل ، اكتشف بول دودلي Paul Dudley ، النائب العام في مستوطنة ماساشوست ، إمكانية تدجين الذرة . ووصف هذه الظاهرة بشكل قريب جداً من وصف ماثر في مقال بعنوان « ملاحظات حول بعض نباتات نيو انكلند ، مع التركيز على طبيعة النبات وقدرته (المعاملات الفلسفية 1724) . وقد أثرت هذه المقالة بجمهور واسع جداً ، واتخذت أساساً لمقاليتين أخريين « التوالد » و« الذرة أو القمح الهندي » - في قاموس الجينياتي لميلر Miller . وقد طبع هذا القاموس عدة مرات في انكلترا وترجم الى الألمانية .

وهناك تجارب أخرى ، أكثر أهمية ايضاً ، نفذت في فيلادلفيا ، من قبل جيمس لوغان James Logan ، الذي جاء الى بنسلفانيا سنة 1699 كسكرتير لوليم بن William Penn . وكرس هذا العالم الهاروي قسماً كبيراً من وقته للرياضيات ، والفيزياء وعلم الفلك ، وحاول حتى أن يؤسس علماً اخلاقياً على الفيزياء الرياضية . وتضمنت مكتبته العلمية ، وهي الاجل في أميركا ، بشكل خاص الطبقات الثلاث لـ « مبادئ » نيوتن ، وكتب ارخميدس واقليدس وبطليموس ، وغاليليه وكبلر ، وهويجنس وفلامستيد وهفيليوس ، وجيلبرت وهارفي وليونوك وماليجي ، وليني وغرو وبورهاف وسيدنهام وبويل وهوك الخ . وقد أعار لوغان هذه المؤلفات لأشخاص عديدين ، ومنهم بنجامان فرانكلين وجون برترام . واخترع احد المقربين اليه ، توماس غودفري Thomas Godfrey ، سنة 1703-1731 نوعاً من الساعات البحرية ، شبيهة جداً بالساعة التي صنعت في انكلترا من قبل جون هبادلي ، والتي وصفت قبل ذلك بعام أمام الجمعية الملكية . ولما كان غودفري مخترعاً معزولاً ، فإنه لم يقطف اهداً المجد الذي تستحقه أعماله .

وخلافاً لآماله ، اذا كانت منشورات لوغان حول البصريات لم تثر الانتباه كثيراً ، فمن المعلوم أن تجاربه حول نزع العرائس المذكورة من نباتات الذرة قد أتاحت له درس تولدها بشكل أكثر احاطة بما تيسر حتى ذلك الحين . وقد جلبت له رسالة نشرها حول هذا الموضوع سنة 1736 في « المعاملات الفلسفية » المديح من قبل ليبي . وقدم عرضاً أكثر كمالاً في « تجارب . . . حول تولد النبات » نشر في ليد سنة 1738 تحت رعاية غرونوفوس Gronovius ، ووصل هذا الكتاب الى جمهور كبير ، وأثار تعليقات عديدة منها تعليق ليبي . وبرزت أهمية هذا الكتاب ، خاصة وإن نظام التصنيف عند ليبي يركز على تحليل الاعضاء التناسلية عند النباتات . وهكذا أثبت تجارب ماطر ودودي ولوغان ، زيادة على أهميتها البالغة . في دراسة تولد النباتات ، متانة النظام الجديد للتصنيف . ومن الملاحظ أن السهولة التي أمكنت بواسطتها السيطرة على تولد الذرة أو « القمح الهندي » جعلت منها نبتة مختارة لدراسة علم الولادة . وقد استعمل اثنان من أصل ثلاثة علماء أعادوا اكتشاف أعمال مندل ، في بداية القرن العشرين الذرة كنبتة تجريبية ، وذلك بالغاء النباتات المذكورة ، وفقاً للطريقة التي ادخلها لوغان

ومن بين علماء النبات الآخرين الأميركيين في القرن 18 ، يذكر جون كليتون John Clayton الذي نشر كتابه فلورا فيرجينيا في ليد سنة 1739 من قبل غرونوفوس Gronovius ياعده الشاب ليبي . ودرس مارك كاتسبي Mark Catesby النباتات كما درس أيضاً الطيور والحيوانات وقد وصفها وعرضها بشكل فخم في كتابه الرائع « التاريخ الطبيعي لكارولينا وفلوريدا وجزر الباهاما » (لندن 1754-1771) . وكان جمع النباتات صعباً في أغلب الاحيان . من هذا ان جون ميتشل - John Mitchell صديق فرنكلين وليبي ، الذي توطن في فيرجينيا سنة 1700 والذي عرف خاصة بـ « خارطة الممتلكات البريطانية والفرنسية في أميركا الشمالية » (لندن 1755) وهو يعتبر بداية علم الخرائط العلمية في أميركا الشمالية - خسر أثناء عودته الى انكلترا سنة 1746 ، المجموعة الغنية من النباتات التي جمعها .

كتب الى ليبي يقول : « كم كنت سعيداً ان ارسل لك بعض النباتات ، لو أنها لم تهلك ، بفعل القراصنة ، وليس اقل من ذلك ما لحق بها من ضرر بفعل السفر في البحر ، بحيث اني لم يبق لي الا زهرة واحدة ملالة ، من اصل الف غموض » .

واشتكى ليبي بدوره عبر رسالة الى هالر :

« وكل النباتات التي ارسلت لي من نيويورك وقعت بين ايدي الاسبان ، وكذلك تلك التي جمعها الدكتور ميتشل منذ العديد من السنوات في فيرجينيا ، وهو نفسه عائد الى انكلترا ، إنما بحالة اليأس لقد خسرت في نفس السفينة العديد من النماذج والعديد من الاوصاف أرسلها الحاكم كولدن من نيويورك » .

وكان كادوالادر Cadwallader طبيباً اسكتلندياً وصل الى أميركا سنة 1718 ثم أصبح ناظراً عاماً (مديراً لمصالح المساحة) وضابطاً حاكماً لنويورك .

وساعدته ابنته جان Jane ، وهي أول امرأة نباتية في العالم الجديد ، في جميع النباتات وتصنيفها

وفقاً لمنهج لبني . ونشر غولدن كتاباً حول الهند الحمر وكتاباً عنوانه « تفسير الاسباب الاولى للعمل في المادة ، وسبب الجاذبية الكونية » (نيويورك 1743 ، ترجمة فرنسية بقلم د. كاستل D.Castel باريس 1751 . وكان نباتي آخر أميركي هو الدكتور اسكندر غاردن Alexander Garden ، من شارلستون (كارولينا الجنوبية) ، صديقاً لبني الذي اهدى اليه اسم نبتة هي الغاردينيا . وكان جون برترام ، وقد سماه لبني « اعظم عالم نباتي طبيعي » حي ، رجلاً عصامياً ، وكان مزارعاً ثم اصبح رجل علم وكانت شهرته كبيرة لدرجة أن الهدايا والتكريم تدفقت عليه من العالم اجمع . وقدم برترام نباتات الى لبني والى جامعيين بريطانيين ، وبصورة غير مباشرة ، الى بستان النبات في باريس . وبعد أن يش برترام من جراء الحسائر المحيطة عندما قام الفرنسيون والاسبان بالاستيلاء على مراكب تحمل نباتات الى انكلترا ، خطرت له فكرة ارسال صناديقه « في حالة الاسر » الى داليبار Dalibard والى بوفون Buf-fon او جوسيو Jussieu في باريس . وقد شجعه على ذلك فرانكلين ولوغان فاكشف وقدم نباتات أميركية الى كل من فرنسا وانكلترا أكثر من أي مستكشف آخر معاصر ، ولد في هذين البلدين . فضلاً عن ذلك ، قام هو ايضاً بدراسات حول الجنسية النباتية وحول التهجين النباتي .

وإذن كانت دراسة علم النبات ناشطة جداً في أميركا البريطانية : وكان هذا النشاط هو أكثر من جمع الاغراس اذ كان يتضمن تجارب ذات قيمة كبيرة حول تولد هذه الاغراس . وربما كان علم الحيوان اقل ازدهاراً . ولهذا السبب ربما استطاع رجال من أمثال بوفون والاباتي رينال ان يقدموا يسر بالغ النظرية القائلة بأن الحيوانات المنقولة من العالم القديم الى العالم الجديد « تراجع » وتصبح صغيرة وضامرة . ونعثر على شكل مسرف لهذه النظرية عند الشاعر البريطاني غولد سميت الذي يزعم أن الطيور الصداحة « المتقهقرة » في أميركا لا تغني . وحمل انتشار هذه النظرية توماس جيفرسون Thomas Jefferson على تكليف بعثة لاسرطي ضخم ثم ارساله الى باريس ، حتى يثبت أن أميركا تنتج حيوانات طبيعية أكبر من الحيوانات التي يمكن أن يعثر عليها في أوروبا . ولا شك أن كل القسم البيولوجي في « مذكرات حول فيرجينيا » لجيفرسون تعكس الهاماً مماثلاً .

الطب - قدمت أميركا الشمالية في المجال الطبي مساهمة رئيسية . في سنة 1721 ، وخلال وباء الجدري في بوسطن ، ساهم كوتون ماطر في ادخال عملية التطعيم ، التي سبق وعرضت في العديد من النشرات العلمية ، كما كانت تطبق في الصين وتركيا ، والتي سمع ايضاً ماطر وآخرون بأوصافها على لسان عبيد افريقيا . وبشجاعة رائعة ، قاوم ماطر المعارضة القوية لدى بعض الاطباء ولدى قسم كبير من السكان ، ودافع عن هذا الاجراء الجديد واستطاع أن يقنع طبيباً في المدينة ، زاديال بويلستون Zadiel Boylston ، بأهمية التطعيم . وكان اعضاء عائلة ماطر من بين الاوائل الذين تلقوا هذا العلاج . هذه التجربة في بوسطن قدمت أول مجال لتجريب عملية التطعيم ضمن ظروف مراقبة . فضلاً عن ذلك قدم التقرير الاحصائي الذي نشره ماطر وبويلستون Boylston واحداً من الأمثلة الأولى التاريخية في التحليل الكمي لمسألة طبية . فقد افترض بويلستون Boylston ، تماماً أن هذه العملية الجديدة تنجح أو تنهار بحسب حساب احتمالات الوفيات التي يسببها النوعان من التلوث أو

العدوى . التلوث الطبيعي بالجُدري الملتقط بشكل عادي والعدوى المصطنعة المثارة تُفعل تلقيح المريض بالقُحح الآتي من مريض مصاب بشكل طفيف . وكانت الاحصاءات مقنعة للغاية حتى أن عملية التلقيح أصبحت شائعة الاستعمال حتى استبدالها بالتلقيح بالعضل .

ورغم أننا لا نجد في المجال الطبي مثلاً آخر يمثل هذه الاهمية ، فقد كان هناك أيضاً باحثون آخرون في هذا المجال . من ذلك ان جون ليننج John Lining من شارلستون (كارولينا الجنوبية) الذي قام بدراساته الطبية في أدنبره ، ارسل الى انكلترا أول وصف دقيق صادر عن العالم الجديد للدلائل الحمى الصفراء . وقدمت دراساته الارصادية الجوية معلومات ثمينة ، ولكن أعماله الأفضل تناولت الايض البشري ، وبصورة خاصة العلاقة بين الامراض الوبائية والظروف الجوية . وكان يدون يومياً وزن ما يخرج منه ووزن الاطعمة التي يتناولها فقدر العرق نتيجة تغير الاوزان في ثيابه . وربط هذه النتائج اليومية بحرارة الجو وبالمدة الزمنية الحاصلة .

الاهتمام بالعلم - إن قراءة المواعظ الدينية الملقاة عبر القرنين 17 و 18 في أميركا ، وبصورة خاصة في انكلترا الجديدة ، يتيح استخلاص تقدير صحيح للعلم في ذلك الزمن فلم يكتف الوعاظ فقط والناس ايضاً في ذلك الحين بعدم اعتبار العلم عدواً للوحي المنزل ، بل إن الوعاظ كانوا يرون أن الطبيعة تقدم شهادتها لتسند تعاليم الكتابات المقدسة ، إن كلام الله موجود في الكواكب وفي النباتات وفي الاحجار كما هو موجود في الكتاب المقدس . وهناك مثل ذو دلالة على هذا الرأي ، ظهر في كتيب سنة 1726 ، موجه لطلاب الرعوية . وقد ورد فيه ان الفلسفة التجريبية ضرورية جداً لتثقيف الواعظ كما هي ضرورية جداً للأشخاص الآخرين . في هذه الفلسفة التجريبية كان المرشد هو سير اسحاق نيوتن الذي لا مثيل له .

وادخل العلم الجديد - علم غاليليه وبويل وهوك ونيوتن - في التعليم الاميركي على يد شارل مورتون Charles Morton الذي فتح في حوالى 1675 ، في نيوجتون غرين ، في ضاحية لندن اكاديمية اعتبرت أفضل المدارس في نظر « المنشقين » الذين منع عليهم قانون الرياضة Bill du test ان يتقدموا الى الامتحانات في اوكسفورد أو في كمبريدج .

وعندما وصل مورتون الى أميركا سنة 1688 ، كان على اطلاع بالاعمال الاخيرة العلمية الانكليزية ، وجلب معه مخطوطة اسمها كومينديوم فيزيكا ، استخدمت طيلة عقود عدة كأساس للتعليم العلمي المقدم في كلية هارفرد (التي اسست سنة 1636) ، ثم في كلية يال (التي أسست سنة 1701) . وفيها بعد فقد التعليم الجامعي الاميركي كثيراً من لونه المدرسي أو الوسيط . وفي سنة 1737 ظهر الاهتمام بالعلم بتأسيس كرسي للعلوم في هارفرد بناءً على هبة : « هوليس برفسور شيب أوف متمانتيكس ... » وهو الكرسي الثاني الدائم من حيث الاقدمية في العالم الجديد .

علم الفلك - بعد 1659 عُلم علم الفلك الكوبرنيكي في هارفرد ، وهو حدث لا يكاد يشير العجب أكثر من حدث تأسيس كلية في بلد متوحش ، بعد أقل من 20 سنة من مجيء المستعمرين

الاولين . وفي سنة 1672 قدم الحاكم جون ونثروب John Winthrop أول ناظور كوكبي الى هارفرد ، وكان هذا الحاكم يعتقد مخطئاً أنه اكتشف بواسطة هذه الآلة تابعاً خامساً للمشتري . وهذا الناظور استخدم من قبل توماس براتل Thomas Brattle الذي مدحت ارصاده للمذنب 1680 الكبير من قبل نيوتن في كتابه « المبادئ »

وعدا عن رصد المذنب 1680 تعتبر من الاحداث الرئيسية التي تستحق الذكر في مجال علم الفلك هي البعثات المنظمة لرصد مرور الزهرة والكسوفات . وانذر فرانكلين مواطنيه بمناسبة مرور عطارد سنة 1753 . ولكن الشخص الوحيد الذي كان مزوداً بآلة قادرة والذي التقى ظروفاً رصدية جوية ملائمة ، في جزر الانتيل ، لم يقم الا بارصاد تأقحه . وفي سنة 1761 رأس البروفسور جون ونثروب من هارفرد ، والذي كان أول مقال علمي له حول مرور عطارد سنة 1740 ، أول بعثة علمية أميركية كانت ترعاها كلية ، وانتقل من كمبردج الى الأرض الجديدة لكي يرصد مرور الزهرة . ونقله مركب المنطقة مع معاونيه من الطلاب ، وكذلك النواظير وساعات الكلية . وعند مرور الزهرة سنة 1769 ، كانت الارصاد الرئيسية من صنع وليم سميث ودافيد ريتنهاوس David Rittenhouse ، من فيلادلفيا .

وكان الحدث الاكثر ضجيجاً من هذا النوع بعثة ترعاها سنة 1780 كلية هارفرد والاكاديمية الاميركية للعلوم والعلوم في بوسطن . هاتان المؤستان ارسلتا البروفسور صموئيل وليم Samuel Williams من هارفرد ليرصد كسوفاً كاملاً للشمس في خليج بينوسكوت . وكانت أميركا وانكلترا يومئذ في حالة حرب ، والكسوف لا يمكن أن يرصد إلا في أرض يحتلها البريطانيون ، وكان لا بد من إيقاف العمليات العسكرية طيلة فترة الرصد . وعندها وضع العلم من جديد خارج المعركة فقدم فرانكلين جواز مرور للكابيتان كوك Cook عند عودته من رحلة استكشافية في بحار الجنوب اثناء حرب الاستقلال الاميركية .

تنظيم التعليم العلمي - في هارفرد وهي الكلية الاستعمارية الاميركية الوحيدة في القرن 17
(اسست سنة 1636) وضعت منذ 1672 وبأيام عمادة الرئيس ليونار هور Leonard Hoar مشاريع لتأسيس بستان نباتي ، ومعمل للميكانيك ومختبر للكيمياء ، يستعمله الفلاسفة الذين يبقون تثقيف فكرهم عن طريق الحواس . ولو ان هذه المشاريع قد ادت الى نتيجة لكانت أميركا امتلكت أول مختبر كيميائي للطلاب في العالم كله . وبعد مجيء مورتون Morton دخل العلم الحديث في التعليم . وعند تعيينه في سنة 1727 أول صاحب كرسي لمبير هوليس تلقى مورتون مجموعة ثمينة من الاجهزة العلمية التي تمكن الطلاب من اجراء التجارب والقيام بالارصاد ، وكانت هذه المجموعة تستكمل وتتمم وظلت كذلك طيلة القرن . وفي يال ، التي انشئت بصورة قانونية سنة 1701 برز الميل منذ البداية نحو العلم . فكانوا يشترون ويصنعون المعدات العلمية . وفي سنة 1714 اغتنت المكتبة بالهبات من كتب قدمها مختلف العلماء الانكليز ومنهم نيوتن وهالي . أما كلية وليم وماري William, Mary التي تأسست سنة 1693 فلم تبدأ في التعليم الجامعي إلا سنة 1710 . وكما الحال في برنستون (اسست سنة

1746) وكولمبيا (أسست سنة 1754)، تضمن برنامج الدراسة في «وليم وماري» العلوم؛ وتدل الكتب وكذلك المجلات على أهمية هذا النظام. أما جامعة بنسلفانيا، التي أسسها فرانكلين (وكان توزيع الشهادات الرسمي الأول قد جرى سنة 1757) فقدمت أيضاً تعليماً علمياً. فضلاً عن ذلك افتتح التعليم الطبي الرسمي في أمريكا الشمالية. نذكر أيضاً أنه في فيلادلفيا تأسس، بعد ذلك بقليل، مستشفى بنسلفانيا، وهو أول مستشفى أميركي دائم. ونشير أيضاً أنه في الجامعات الأخرى التي أسست وعملت قبل 1775 - جامعة براون اعترفت بها الدولة سنة 1764، ودارموث Dartmouth اعترف بها ككلية سنة 1769 - لم تكن العلوم مهمة أيضاً.

الجمعيات العلمية الأولى - كان الاهتمام بالعلوم قد برز أيضاً من خلال اجتماع الناس بغية ملاحقة أهداف علمية مشتركة. وكانت أول جمعية علمية في أمريكا هي جمعية بوسطن الفلسفية التي أسست سنة 1683 على يد انكريز ماثر Increase Mather والد كوتون ماثر. ولكن وجودها كان سريع الزوال. وفي سنة 1727 أسس بنيامين فرانكلين «الآخوة»، وهي جمعية سرية أخوية وخيرية، من أجل تحسين أوضاع الأعضاء. وفي الاجتماعات كانوا يناقشون المسائل الأخلاقية والسياسية والفيزيائية. وفي سنة 1743 اقترح فرانكلين Franklin تأسيس جمعية ذات مدى أوسع وتأثير أكبر، مكونة من رجال من مختلف المستويات يهتمون بالنشاط العلمي. فكانت الجمعية الفلسفية الأميركية. وفي سنة 1769 اتحدت هذه الجمعية مع جمعية أخرى انبثقت عن الآخوة «جنتو» واتخذت اسماً رسمياً بقي لها بعد ذلك هو الجمعية الفلسفية الأميركية المقامة في فيلادلفيا لتنشيط المعارف المفيدة. وكان أول مشروع قامت به الجمعية الجديدة هو رصد مرور الزهرة سنة 1769. ولم يكن لهذه الجمعية من مزاحم حتى سنة 1780، حيث أسست الأكاديمية الأميركية للفنون والعلوم في بوسطن، بتحفيز من جون ادامس John Adams الذي سمع في فرنسا مديحاً كثيراً بجمعية فيلادلفيا، فأراد في الحال تأسيس واحدة في بوسطن. وكان أول رئيس لها رجل علم هارو، هو الحاكم جيمس بودوين James Bowdoin. أما نشاطها الرسمي الأول، فهو مساعدتها في تنظيم البعثة المرسلة بمناسبة الكسوف الكامل للشمس سنة 1780 والمذكور أعلاه.

بنيامين فرانكلين Benjamin Franklin - أهمية إنتاجه العلمي - من بين النشاطات العلمية كلها في أمريكا المستعمرة كانت أهمها بالنسبة إلى كل العالم البحوث حول الكهرباء التي قام بها بنيامين فرانكلين ومساعدوه في السنوات التي سبقت 1750. اشتهر فرانكلين في أغلب الأحيان، بتجربة هي تجربة الطائرة الورقية المكهربة. وكان فرانكلين أول أميركي ينتخب كعضو اجنبي في الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس (1773). وهذا الشرف لم يمنح لأي أميركي آخر طيلة قرن من الزمن، وذلك قبل أن ينتخب لويس اغاسيز Louis Agassiz نتيجة أعماله المنجزة في أوروبا قبل رحيله إلى أمريكا. وكان لا بد من انتظار حقبة ج. ويلارد جيبس J. Willard Gibbs (1839-1903) حتى تنتج أميركا سن جديد عالمياً كان لأعماله في الفيزياء نفس أهمية أعمال فرانكلين، واعترف له بذلك أيضاً بشكل واسع. لقد نشر كتاب فرانكلين «تجارب وملاحظات حول الكهرباء»، أجريت في فيلادلفيا بأميركا «لاول مرة في

انكلترا سنة 1751 ونشرت ترجمته الفرنسية سنة 1752 . وطبع في حياة المؤلف 5 مرات بالانكليزية و3 مرات بالفرنسية (ترجمتان مختلفتان) وطبعان المائتان وطبعة ايطالية . وطيلة 25 سنة ظل هذا الكتاب الاكثر قراءة حول هذا الموضوع . وكان تأثيره كبيراً حتى أن الذين اعتنقوا نظرية منافسه لنظرية فرانكلين، عبروا بنفس اللغة التي استعملها فرانكلين لأول مرة في الكهرباء: ايجابي أو زائد ، سلبى أو ناقص الخ .

وكانت تجارب فرانكلين لكي يبين الصفة الكهربائية في شحنة الصاعقة مشهوداً لها . ففي أول تجربة تصورها استخدم قضيباً عامودياً طويلاً معزولاً وحاد الرأس . وكان الطرف الأسفل من هذا القضيب مغروساً في كوخ صغير ، حيث كان المجرب ، جالساً على كرسي عازل ، ويستطيع أن يوصل بهذا القضيب خيطاً معدنياً متصلاً بالأرض وعمسوكياً بمسكة عازلة . وكان فرانكلين يعتقد بأنه من الضروري وضع الكوخ فوق نقطة عالية من بناء ، وانتظر من اجل هذا الانتهاء من بناء محل الجرس في كنيسة المسيح في فيلادلفيا . ولكن في سنة 1752 بين العالم الطبيعي الفرنسي دالبيرد Dalibard ، مترجم كتاب فرانكلين حول الكهرباء ، أن التجربة كانت تنجح حتى ولو وضع الكوخ على مستوى الأرض . وتمت التجربة في 10 أيار سنة 1752 في « ماري لافيل » ، أثناء هبوب عاصفة ، وفي غياب دالبيرد ، على يد جندي قديم ، هو كوافيه Coiffier ، وخوري الضيعة رولي Raulet . وصرح دالبيرد Dalibard وهو يصف التجربة ونتائجها أمام اكاديمية العلوم في 13 أيار سنة 1752 فقال : « عندما اتبعنا الطريق التي رسمها لنا فرانكلين حصلنا على قناعة كاملة » وجاءت نتائج مقنعة ايضاً تكافئ بعد ذلك بقليل بوفون وديلور ، ومونيه ونوليه Buffon, Delor, Le Monnier, Nollet في فرنسا ، وميلوس Mylus ولودولف Ludolf في ألمانيا وكانتون Canton وولسون Wilson في انكلترا ، وعلى ما يبدو وقبل أن يسمع بالكلام عن النجاح الفرنسي تصور فرانكلين في حزيران 1752 تجربة اخرى حول كهرة الغيوم وحول الطبيعة الكهربائية لتفريغ شحنة الصاعقة : هي تجربة الطائرة الورقية الشهيرة . وتقوم أهمية هذه التجارب على تبين أن الظواهر الكهربائية لا تنتج فقط عن اختراع الانسان ولا عن تدخله في الطبيعة ، كما هو الحال في حك كرة صغيرة من الكبريت بخرقة من الحرير . بل إنها تحدث اي الظواهر الكهربائية ايضاً بشكل عفوي في الطبيعة على الأرض وفي الغيوم . وأيضاً وبعد هذه اللحظة يجب أن تدخل الفيزياء إذا كانت كاملة ، الظواهر الكهربائية ضمنها وعلى نفس مستوى الظواهر الميكانيكية والحرارية والبصرية والمغناطيسية أو السمية . فضلاً عن ذلك وفي عصر الانوار هذا مال تحليل فرانكلين للصاعقة الى استبعاد المعتقد الوسواسي القائل بأن الصاعقة هي علامة غضب رباني . وأخيراً إن هذه المغامرة في مجال العلم الخالص تؤدي الى تطبيقات مهمة جداً هي الشاري ، وهو مصداق رأي باكون Bacon حول النتائج العملية لكل علم صحيح . وربما سنحت أول فرصة حصل فيها اختراع جديد عملي كنتيجة لبحث علمي مجرد كان هدفه الوحيد ارضاء الفضول العلمي ، والتقدم بالمعرفة .

واعتبر فرانكلين في عصره كواحد من رجال العلم من الدرجة الاولى ، لان نظريته أتاحت فعلاً استباق نتائج العمليات الجارية في المختبر بواسطة الاجهزة الكهربائية . وعندما بدأ تجاربه بين

1740-1750، كان كل المؤلفين تقريباً يشتكون من أن الظواهر الكهربائية حكمت بالهوى والنزوة لا بقوانين العلم . واعتبر يوفون أن موضوع الكهرباء «... هو أبعد من أن يكون ناضجاً بما فيه الكفاية من أجل وضع نظام من القوانين له أو في الواقع وضع قانون أكيد بشأنه ثابت ومحدد في كل الظروف» .

ولكن بعد أعمال فرانكلين وصف ج . باربو - دوبرغ الوضع بهذه الكلمات «عندما ميز فرانكلين الكهرباء بأنها مرة ايجابية ومرة سلبية ، وعندما اعطى لكل منها مكانتها الصحيحة وسمتها الخاصة ، وذلك يقدر ما تسمح به الحالة الحاضرة للمعارف الفيزيائية ، إنه بعمله هذا أشاع الضوء من قريب ومن بعيد ، ودل على الطريق التي يجب التزامها من اجل الحصول على اكتشافات جديدة ، وتقريبها من القديمة ثم توسيع حدود العلم ، وإيجاد منفعة محسوسة غير الكفاية والرضى العلميين . إنه يقول : افعل كذا وهذا ما يحصل : غير هذه الظروف وهذا ما ينتج عنه : وهكذا تستفيد من هذا الشيء : وفي هذا تتفادى هذا الازعاج . وتتبع المستندات يؤدي الى الوصول الى الشيء الذي أعلنه وبالشكل وبالترتيب المعلن . كل شيء يتجاوب مع نظريته في أوروبا وفي أميركا . وحتى الظواهر السماوية ، كل شيء يدل على صلاية المبادئ التي جعلها تواضعه كفرضيات بسيطة فقط » .

ترتكز نظرية فرانكلين على بديهية مادة أو سائل كهربائي وحيد ، تتضمن كل الأجسام كمية «عادية» منه .

والتكهرب يحدث كل مرة تتلقى فيها هذه الكمية «العادية» زيادة أو نقصاً يحدث شحنة أكبر أو اقل .

ولكن المفاعيل الكهربائية تظهر أيضاً كل مرة يتغير فيها توزيع هذه المادة الكهربائية في جسم موصل . وبرأي فرانكلين تتألف المادة أو السائل الكهربائي من جزيئات تتدافع فيما بينها وتجذب المادة القابلة للوزن كما تنجذب بجزيئاتها . هذه القواعد مكنته من تفسير دور الوضع على الارض ودور العزل في التجارب الكهربائية الثابتة وكذلك من تفسير المفاعيل الناتجة عن شكل الموصلات ، وعمل قنبلة ليد Leyde (وهي أول مجمع للكهرباء) ، وجملة من الظواهر الأخرى ، وبعضها اكتشفه فرانكلين حديثاً ، وبعضها الآخر سبق وكان مكتشفاً ، إلا أنه مفهوم بصورة غير كاملة .

وإن نحن نظرنا الى عمل فرانكلين من الناحية المفضلة في عصرنا ، نأثر بتنوعية الظواهر التيلقى الضوء عليها ، وبفعل اننا نستخدم في أغلب الاحيان ، وما نزال، نظريته ، بعد تعديلها قليلاً .

وكما كتب مكتشف الالكترون ج . ج . تومسون J.J. Thomson ان نظرية فرانكلين «تستخدم دائماً من قبل عدد كبير منا في أعمال المختبر . وإن نحن نقلنا قطعة من نحاس واردنا أن نعرف اذا كان هذا النقل يزيد أو ينقص في المفعول الذي نرصده ، فليس علينا أن نتسرع نحو الرياضيات العليا ، ولكننا نستخدم فكرة السائل الكهربائي البسيطة التي تقول لنا في بضعة ثوانٍ كل ما نريد معرفته » .

ومن جراء تأكيد نظرية فراكلين بأن كل الكهرباء تنبثق عن تحول أو نقل المادة الكهربائية : إن ما يفقده مطلق جسم يكسبه جسم آخر ، وتتضمن النظرية فكرة « الإحتفاظ بالشحنة » . وفي كل الظواهر الملحوظة ، تبدو الشحنات أو تختفي دائماً بكميات متساوية أو متعارضة . وهذا صحيح أيضاً فيما يخص الأشياء المجسمة التي تحك بعضها ببعض كما هو صحيح عند مستوى الذرة أو ما هو فوقها وذلك عند أحداث أو الغاء المزدوجات ، وعند ظهور أو اختفاء كل جسيم مكهرب مقترن بظهور أو باختفاء الإلكترون بشكل متال . ثم ان مبدأ « حفظ الشحنة » الذي قال به فراكلين هو مثل « مبدأ حفظ كميات الحركة » الذي قال به وليس ونيوتن ، أحد أكبر المبادئ في الحفظ . والمبدأان موجودان كوصفين مستقلين للطبيعة ، سواء في الماكرو فيزيا أو الميكرو فيزيا .

ومن المؤكد إذاً أننا ندين لفراكلين بأول مساهمة كبرى علمية أصيلة جاءت من العالم الجديد . وأول اعتراف علمي رسمي بالهوية الأميركية الجديدة قد تم سنة 1788 ، عندما انتخب جيمس بودوان James Bowdoin ، أول رئيس للأكاديمية الأميركية للفنون والعلوم ، على لائحة الاعضاء الاجانب في الجمعية الملكية .

في ضوء الانجازات التي تحققت في القرن 18 والاهتمام البارز عموماً بالعلوم كان من الممكن التوقع بأن المئة سنة التالية سوف تشهد نشاطاً علمياً كبيراً في أميركا . ولكن الامة التي كان عليها أن تقنطع حدودها من المسافات البرية الموحشة في الغرب ، لم تكن تستطيع تظاهراً وبذات الوقت إنتاج اكتشافات علمية من الدرجة الاولى أو إنتاج علماء يؤثر انجازهم في العالم كله .

ولأنه في حدود نصف القرن هذا الاخير اخذت الافكار العلمية الآتية من أميركا ، مرة اخرى أيضاً تستدعي الانتباه في المجموعة العلمية من العالم كله .

مراجع الفصل الثالث

J. COMAS, Principales contribuciones indígenas precolombinas a la cultura universal (*Cahiers d'histoire mondiale*, t. 3, 1956); J. REY PASTOR, *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, 2^o éd., Buenos Aires, 1945; C. PEREYRA, *L'œuvre de l'Espagne en Amérique*, Paris, 1925; P. HENRÍQUEZ UREÑA, *Historia de la cultura en la América hispánica*, México, 1947; L. C. KARPINSKI, *Mathematics in Latin America (Scripta mathematica*, v. 13, 1947); A. MIELI, *La ciencia del Renacimiento*, v. 5, Buenos Aires, 1952; J. J. IZQUIERDO, *La fisiología en México*, México, 1934; ID., *Montaña y los orígenes del movimiento social y científico de México*, México, 1954; ID., *La botanique aztèque et la botanique mexicaine moderne (Arch. int. Hist. des Sci.*, t. 8, 1955); F. VERDOORN, édit., *Plants and plant science in Latin America*, Waltham (U.S.A.), 1945; J. BELL JR., *Medicine in sixteenth century New Spain (Bull. of the hist. of medicine*, v. 31, 1957); E. BONNEFOUS et divers, *Encyclopédie de l'Amérique latine*, Paris, 1954; M. PICÓN SALAS, *De la conquista a la independencia*, México, 1944; R. LEVENE, édit., *Historia de América*, vol. 3, Buenos Aires, 1940; J. VICENS VIVES, édit., *Historia de España y América*, vol. 3 et 4, Barcelona, 1961; E. DE GORTARI, *La ciencia en la historia de México*, México, 1963; J. BABINI, *La evolución del pensamiento científico en la Argentina*, Buenos Aires, 1954; *Memorias del primer coloquio mexicano de historia de la ciencia*, 2 vol., México, 1964; J. T. LANNING, *Academic culture in the Hispanic colonies*, New York, 1940; J. M. GUTIÉRREZ, *Origen y desarrollo de la enseñanza pública superior en Buenos Aires*, 1^{ro} éd., Buenos Aires, 1868; J. T. MEDINA, *Historia de la imprenta en los antiguos dominios españoles de América y Oceanía*, 2 vol., Santiago de Chile, 1958; J. T. REVELLO, *El libro, la imprenta y el periodismo en América durante la dominación española*, Buenos Aires, 1940; L. C. KARPINSKY, *Bibliography of mathematical works printed in America through 1850*, Ann Arbor, London, 1940; M. BARGALLÓ, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, 1955; A. A. MOLL, *Aesculapius in Latin America*, Philadelphia, London, 1944; F. GUERRA, *Historiografía de la medicina colonial hispanoamericana*, México, 1953; J. B. LASTRES, *Historia de la medicina peruana*, 3 vol., Lima, 1951; E. LAVAL M., *Noticias sobre los médicos en Chile en los siglos XVI, XVII, XVIII*, Santiago de Chile, 1958; R. ARCHILA, *Historia de la medicina en Venezuela. Época colonial*, Caracas, 1961; A. R. STEELE, *Flowers for the King. Ruiz and Pavon and the Flora of Peru*, Durban, 1964; F. GUERRA, *Nicolás Bautista Monardes. Su vida y su obra (1493-1588)*, México, 1961.

F. DE AZEVEDO, *A cultura brasileira*, Rio de Janeiro, 1943.

J. DELANCEZ, Louis Jolliet. *Vie et voyages, 1645-1700*, Montréal, 1950; M. FILION, *Maurepas, Minister of the Navy: A New Portrait (The Cornell Library Journal*, Spring 1967, 34-47); ID., *Maurepas, ministre de Louis XV, 1715-1749*, Montréal, 1967; R. LAMONTAGNE, *La Galissonnière et le Canada*, Paris, 1962; ID., *Succès d'intendance de Talon*, Montréal, 1964 (Paris, C.D.J.), sous le titre: *Jean Talon, agent de Colbert, premier intendant du Canada au temps de Louis XIV*; ID., *Chabert de Cogolin et l'expédition de Louisbourg*, Montréal, 1964; ID., *La vie et l'œuvre de Pierre Bouguer*, Paris, 1964; ID., *L'Atlantique jusqu'au temps de Maurepas*, Montréal, 1965; ID., *Aperçu structural du Canada au XVIII^e siècle*, Montréal, 1964; ID., *L'administration du Canada*, Montréal, 1965; ID., *Ministère de la Marine — Amérique et Canada d'après les documents Maurepas*, Montréal, 1966; ID., *Jean Prat, correspondant de Bernard de Jussieu (Rapport des Archives du Québec*, t. 41, 1963); M. DE LA RONCIÈRE, *L'amitié franco-canadienne de Jacques Cartier à Chateaubriand*, Paris, 1967; G. MAHEU, *Bibliographie de Pierre Bouguer, 1698-1758*

(*Revue d'histoire des sciences*, t. XIX, 1966, pp. 193-205); MARIE-VICTORIN (Fr.), *Flora laurentienne*, Montréal, 1935; J. ROUSSEAU, Le mémoire de La Galissonnière (sic) aux naturalistes canadiens de 1749 (*Le Naturaliste canadien*, vol. 93, 1966, pp. 669-681); J. C. RULE, Jean-Frédéric Phélypeaux, comte de Pontchartrain et Maurepas : Reflections on His Life and His Papers (*Louisiana History*, vol. 6, n° 4, 1965, pp. 365-377); C. F. C. STANLEY, éd., *Pioneers of Canadian Science/Les pionniers de la science canadienne*, Toronto, 1966. Chap. 1: LÉON LORTIE, « La trame scientifique de l'histoire du Canada »; D. J. STRAUKE, Mathematicians at Ticonderoga *The Scientific Monthly*, vol. 82, 1956, pp. 236-240; Id., *American Science between 1780 and 1830* (*Science*, vol. 129 (1959), pp. 1100-1106; *ibid.*, vol. 130 (1959), p. 190); Id., *Les sciences en Nouvelle-France (Le jeune scientifique)*, vol. 5, 1967, pp. 142-144; R. TATON, éd., *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, « Histoire de la pensée », XI, Paris, 1964; J. THÉODORIDÈS, Les relations scientifiques entre Michel Sarrazin (1659-1734) et Réaumur (*LXXXIV^e Congrès des Sociétés Savantes*, 1959); A. VALLÉE, *Un biologiste canadien, Michel Sarrazin, 1659-1735* (sic). *Sa vie, ses travaux, son temps*, Québec, 1927; *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colloques internationaux du C.N.R.S.), Paris, 1957.

Stefan LORANT, éd., *The New World : the first pictures of America made by John White and Jacques Le Moyne... with contemporary narratives of... the Virginia colony*, New York, 1946; Henry STEVENS, *Thomas Harriot, the mathematician, the philosopher, and the scholar...*, Londres, 1900; Conway ZIRKLE, *The beginnings of plant hybridization*, Philadelphie, 1935; Otho T. BEALL, Jr., et Richard H. SHRYOCK, *Colton Mather, first significant figure in american medicine*, Baltimore, 1954; Brooke HINDLE, *The pursuit of science in Revolutionary America, 1735-1789*, Chapel Hill, 1956; Whitfield J. BELL, Jr., *Early american science*, Williamsburg, 1955; I. Bernard CONEN, *Some early tools of american science*, Cambridge, 1950; Id., *Franklin and Newton*, Philadelphie, 1956; Raymond J. STEARNS, *Colonial Fellows of the Royal Society (Osiris)*, 1948, 8, 73-121; Theodore HORNBERGER, *Scientific thought in the american colleges, 1638-1800*, Austin, 1945; *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colloques internationaux du C.N.R.S.), Paris, 1957.

فهرست

ا

- ابراهام بلومار 185
 ابراهام دي موافر 490 / 475 / 469
 ابراهام ترمبلي 701 / 700 / 639 / 638
 ابراهام غوطلب ورنر 729
 ابستولا بريغويني 353
 ابسال 694 / 707 / 717 / 720 / 779
 ابقراط 412 / 415 / 680 / 681 / 682 / 684
 ابن سينا 13 / 124 / 126 / 161 / 164 / 172 / 180
 ابن رشد 13 / 94 / 363
 ابن الهيثم 36 / 333
 ابن النفيس 160
 ابن القس 706
 ابو الوفا 35
 ابو القاسم 164 / 180
 ابولونيوس 37 / 39 / 52 / 53 / 89 / 213 / 234 / 238 / 239 / 242 / 253 / 254
 ابستمون 171
 اينيوس 367 / 580 / 581 / 582 / 583 / 584
 آبيقور 220 / 277 / 332 / 333 / 643
 آبيل 473 / 482 / 483 / 488
 الأتلتيد 445
 اتمولر 373 / 376 / 594
 اتون الأوكسفوردي 183
 اتيان دي لاروش 164 / 151 / 54 / 31
 اتيان دي لاريفير 152
 اتيان جيوفرواسان هيلر 703 / 702 / 697 / 696
 آجيبا شوكوين 758 / 759 / 762
 أحمد بن يوسف 31
 ادانسون 628 / 696 / 697 / 705 / 706 / 709 / 710 / 711 / 718 / 732
 ادت 615
 ادریان كوليرت 184
 ادریان فان رومن 232 / 233
 ادریان انطونيز 233
 ادریان ماتیوس 233
 ادریان اوزو 320 / 321
 ادریان دي جوسیو 709 / 710 / 719 / 786 / 792
 آدم ريز 42
 آدم لونيسر 192
 ادمون غاتر 244
 ادمون هالي 323 / 491
 ادمي ماريوت 425

آدم سميت 462	آرستري 317 / 208
ادنبره 469 / 665 / 690 / 731 / 793	آرمنال 606
اد . وطن 392	آرسيترات 655
ادوار تيزون 395	أرفوت 38
ادوار لويدي 444	أرفيدس 619
ادوار جنير 686	أرلنجن 685
اراسم [ابرسم] 12 / 22 / 28 / 78 / 95	أرمينيا 435
اراسم اوزولد شريكن فوش 78	أرنولد ديفلثاف 138
اراس 190	أرنست فردريك كلادني 551
اراتومستين 250	ارهارد اتدولت 21
اراسموس بارتولين 446	ازهارد ريوش 185
اراسموس داروين 631 / 632 / 634	أرويه 463
أرجنراليس 180	أريستاك دي ساموس 53 / 67 / 68 / 79
ارجانفيل 738	أزمير 435
ارخيدس 18 / 31 / 35 / 37 / 41 / 52 / 53	اسبانيا 14 / 83 / 128 / 140 / 154 / 165
55 / 93 / 105 / 107 / 108 / 110	169 / 176 / 179 / 192 / 318 / 421
112 / 212 / 214 / 233 / 234 / 245	432 / 471 / 686 / 688 / 691 / 712
249 / 253 / 289 / 755 / 790	713 / 738 / 771 / 772 / 775 / 777
ارخيدس السيراكوزي 249	778 / 779 / 780 / 782
الأرخيل الهندي 417	اسبانيا الاميركية الجنوبية 721
أرسطو 13 / 14 / 16 / 17 / 18 / 31 / 38	اسبانيا الجديدة 781 / 782
53 / 56 / 61 / 65 / 66 / 68 / 71	استراليا 697 / 699 / 723
75 / 76 / 77 / 81 / 85 / 93 / 94	إسحاق 163
96 / 98 / 99 / 104 / 106 / 108	إسحاق بيكن 208 / 278 / 285
118 / 119 / 120 / 121 / 122 / 124	إسحاق نيوتن 8 / 85 / 203 / 205 / 207
125 / 127 / 173 / 178 / 181 / 182	208 / 209 / 215 / 216 / 218 / 219
183 / 187 / 206 / 210 / 214 / 216	222 / 223 / 225 / 226 / 238 / 240
220 / 273 / 289 / 312 / 313 / 316	243 / 245 / 249 / 254 / 255 / 256
332 / 335 / 348 / 349 / 363 / 380	257 / 258 / 259 / 260 / 262 / 269
387 / 388 / 389 / 391 / 394 / 399	270 / 272 / 277 / 278 / 281 / 291
423 / 425 / 439 / 440 / 442 / 460	296 / 297 / 298 / 299 / 300 / 301
551 / 555 / 649 / 655 / 663	302 / 303 / 304 / 306 / 307 / 322
أرسوز 80 / 89	323 / 324 / 325 / 326 / 331 / 334

اشمولين ميزيوم 448	/ 341 / 340 / 339 / 338 / 337 / 336
آصور 772	/ 347 / 346 / 345 / 344 / 343 / 342
أغريكلولا 119 / 120 / 123 / 125 / 126 /	/ 408 / 367 / 352 / 351 / 350 / 349
185 / 139 / 135 / 133 / 128 / 127	/ 469 / 459 / 455 / 441 / 413 / 409
أفريقيا 197 / 457 / 530 / 688 / 697 / 703 /	/ 476 / 475 / 474 / 473 / 472 / 471
792 / 772 / 724 / 722	/ 486 / 484 / 482 / 481 / 479 / 478
أفريقيا الجنوبية 417 / 699 / 723	/ 503 / 499 / 497 / 496 / 495 / 488
أفريقيا الشمالية 435 / 697	/ 518 / 517 / 513 / 508 / 506 / 504
أفريقيا الوسطى 699	/ 527 / 526 / 525 / 523 / 522 / 519
أفلاطون 16 / 17 / 31 / 85 / 108 / 181 /	/ 536 / 534 / 533 / 532 / 531 / 528
553 / 545 / 347 / 333 / 332	/ 546 / 545 / 544 / 542 / 541 / 539
أفلاطون الفيثاغوري 213	/ 559 / 552 / 551 / 550 / 548 / 547
أفلاطون الأسطوري 213	/ 583 / 581 / 576 / 569 / 563 / 562
أفيانوس 197	/ 658 / 657 / 612 / 611 / 585 / 584
أقليدس 18 / 21 / 27 / 31 / 34 / 37 / 44 /	/ 793 / 790 / 734 / 721 / 705 / 671
234 / 107 / 56 / 55 / 54 / 53 / 52	798 / 794
249 / 329 / 333 / 493 / 497 / 751 /	/ 348 / 298 / 264 / 259 / 254
790	493 / 473 / 349
أكاديا 774	إسحاق فوس 330 / 334 / 335
أكسيد نتيس 41	إسطرلاب 59
أكس لاشابيل 124	إسكوريال 179
أكس آن برفانس 210	إسكندر الأفروديسي 363
أكفوتنوس 72	إسكندرية 447
أكهارت 14	إسكتلندا 615 / 724
أكهوت 784	إسكندر غاردن 792
أكلون 197	إسماعيل بوليو 317
السير الكبير 16 / 121 / 124 / 127 / 138 /	آسيا الصغرى 196 / 435 / 697
406 / 186 / 181 / 173	آسيا 458 / 688 / 703
البيردى ساكس 31 / 35	آسيا الوسطى 459 / 696 / 699 / 752
البيروندزو 38 / 69	آسيا الجنوبية 464
السير دورر 38 / 39 / 44 / 58 / 124 / 152 /	آسيا الروسية 464
188 / 185 / 184	آسيا الشمالية 699
البرقي 41	أشيبيلة 179 / 197 / 772 / 781

آل مونثورانسي 178	البر جزار 58 / 61 / 110 / 233 / 234 /
آل ميشو 720	482 / 238 / 236
الميدا 750	البر غبوكليت 128
آل هانوفر 445	البر فون هالر 636 / 674 / 678 / 712 / 713
آل هيسبورغ 773	الباي 738
اليزابيت 209	آل تسنغ 750
امانويل بونفيس دي تاراسكون 58	الدوفيتي 713
اماتوس لوزيتانوس 170 / 176	آل ريكاتي 470
امبواز 15	الزيفيه 61
امبروازباري 163 / 166 / 168 / 174 / 761	الزفير 208
امبروسي 438 / 448	السندرو السندري 121 / 783
امبير 577	الساندرو بيتي 149
امراطورية فيجاياناغار 765	آل شيلي 721
الامراطورية المغولية 768	آل صونغ 759
الامراطورية الكبرى 771	آل طوكوغوا 759 / 762
امراطورية الازتيك 771	الكسندر بيكولوميني 105
امراطورية الأنكا 771	الكسندر آشيليني 150
امراطورية مايا 771	الكسندر ستوارت 661 / 666
امراطورية الهند الغربية 777	الكسندر فون همبولد 669 / 731 / 783 / 785
امريكو فسبوشي 537	آل كاميني 767
امزونيا 785	المانيا 12 / 27 / 37 / 42 / 43 / 45 / 52 /
امستردام 290 / 355 / 438 / 440 / 442 /	53 / 69 / 78 / 79 / 84 / 91 / 118 /
789 / 784 / 776	128 / 133 / 139 / 148 / 184 / 189 /
اموتون 289 / 437 / 510 / 559 / 562	194 / 195 / 381 / 411 / 416 / 418 /
اميان 191 / 321	419 / 420 / 422 / 433 / 457 / 470 /
أميركا 169 / 195 / 197 / 434 / 435 / 436 /	476 / 493 / 540 / 544 / 546 / 598 /
458 / 464 / 687 / 688 / 697 / 703 /	609 / 615 / 618 / 675 / 676 / 678 /
720 / 721 / 723 / 747 / 771 / 772 /	681 / 683 / 686 / 687 / 689 / 690 /
773 / 774 / 775 / 776 / 777 / 780 /	693 / 695 / 696 / 702 / 708 / 712 /
781 / 785 / 786 / 787 / 788 / 789 /	713 / 714 / 718 / 719 / 727 / 729 /
790 / 791 / 792 / 793 / 794 / 795 /	776 / 796
797 / 798	المانيا الكاثوليكية 84
أميركا الجنوبية 196 / 417 / 694 / 697 / 699 /	المانيا الجنوبية 139

اندونيسيا 169 / 768
 اندريا ميزالينو 190
 اندلس 191
 اندريه تيفت 179 / 181 / 184 / 185 / 196 / 783
 اندرسون 236
 اندرويسنغ 495
 اندري ميشو 720
 اندرزديل ريو 778
 انسيلوس 124 / 125 / 126 / 128
 انسلم بويس دي بودت 28 / 31 / 41 / 54 / 447 / 446 / 440 / 42
 انشتين 311 / 533
 انطون ماريا فيور 47
 انطوني فان ليونهورك 206 / 208 / 221 / 222 / 328 / 329 / 397 / 398 / 401 / 408 / 410 / 427 / 446 / 655 / 695 / 700 / 701 / 741 / 790
 انطوان ارنولد 304 / 493
 انطونيو دوميني 334
 انطوانيت بورينيون 398
 انطوان لوران دي جومير 124 / 190 / 433 / 625 / 705 / 708 / 709 / 710 / 711 / 712 / 722 / 732 / 737
 انطوان لوران لافوازيه 138 / 144 / 379 / 380 / 383 / 460 / 461 / 471 / 539 / 560 / 562 / 564 / 565 / 566 / 591 / 592 / 593 / 594 / 595 / 599 / 600 / 601 / 602 / 603 / 604 / 605 / 606 / 607 / 608 / 609 / 614 / 615 / 616 / 618 / 645 / 646 / 647 / 648 / 649 / 650 / 652 / 653 / 661 / 662 / 671 / 717 / 780 / 786

700 / 721 / 771 / 775 / 782 / 786
 اميركا الهندية 457
 اميركا الأوروبية 457
 اميركا الشمالية البريطانية 578 / 788
 اميركا الوسطى 694 / 771 / 775
 اميركا الشمالية 697 / 699 / 720 / 771 / 774 / 775 / 776 / 788 / 789 / 791 / 792 / 795
 اميركا الاسبانية 771 / 777 / 778 / 780 / 781 / 782 / 783
 اميركا الاستوائية 774
 اميركا الفرنسية 786 / 788
 اميركا البريطانية 790 / 792
 آنابرغ 42
 انالما 53
 اناك ساكور 332
 انتونيو فيلوا 593
 انتيلوب 697
 انج دي فوسوميرين 95
 انجليكا 188
 آنجو 341
 آنج سالا 411
 انجنهوس 566
 اندريا فروكشيو 35
 اندريا اوسيندر 71 / 72
 اندرو نيكوس 83
 اندريا باكشي 124
 اندريه فيزال 12 / 15 / 147 / 148 / 151 / 152 / 153 / 154 / 155 / 156 / 157 / 158 / 159 / 186 / 400 / 402
 اندريه لاغونا 152 / 165
 اندريه دي لورنس 158
 آن دي برينانيا 168

اني راسيوني 82	انطوان ديديه 674 / 685
انيس فور 165	انطوان لويس 689 / 690 / 691
انيس اربير 424	انطونيو لازارو مورو 726
اويس نوفم دي بروبرسيوني باس 104	انطونيو فازكيزدي اسبينوزا 777
ايون 124	انطونيو اولوا 782
ايورينوس 164	انطوان لويس روبا 786
اوبتيكس 303	انطوان لويس بوغنفيل 697 / 723 / 782
اوبريه 432 / 433 / 435	784 / 788
اوترد 43 / 238 / 255	انغولستاد 38 / 189 / 316
اوتوليكوس 52 / 55	آنغراسيا 168
اوتوبرانفلز 164 / 188 / 189	آنغيارا 194
اوتودي غيريك 225 / 288 / 369 / 375	آنغولا 395
551 / 569 / 570 / 571 / 572 / 595	انغرس 164 / 165 / 184 / 293
اوترخت 290	آن قالوا 178
اوتو فابريسيوس 697	انكلترا 43 / 45 / 56 / 79 / 84 / 139 / 149
اوتورن 723	166 / 169 / 178 / 188 / 209 / 307
اوجانيي 767	321 / 324 / 337 / 408 / 413 / 415
اودر 713	419 / 421 / 422 / 432 / 436 / 440
اوروبا 7 / 12 / 15 / 18 / 23 / 24 / 47	444 / 448 / 456 / 457 / 459 / 472
84 / 87 / 124 / 139 / 150 / 169	491 / 493 / 495 / 503 / 517 / 524
171 / 176 / 178 / 191 / 277 / 282	537 / 540 / 542 / 558 / 570 / 574
416 / 422 / 430 / 433 / 455 / 456	576 / 594 / 609 / 618 / 675 / 678
457 / 458 / 459 / 461 / 462 / 464	681 / 683 / 685 / 686 / 687 / 688
465 / 470 / 517 / 540 / 575 / 593	689 / 692 / 693 / 702 / 708 / 712
686 / 689 / 694 / 699 / 702 / 719	713 / 718 / 719 / 720 / 724 / 725
725 / 730 / 747 / 750 / 752 / 754	727 / 728 / 731 / 732 / 733 / 776
760 / 762 / 771 / 772 / 777 / 778	789 / 790 / 791 / 792 / 793 / 794
779 / 780 / 782 / 785 / 786 / 789	796
792 / 795 / 797	انكلترا الجديدة 776 / 793
اوروبا الغربية 7 / 130 / 138 / 139 / 411	انكيز مائر 795
739 / 747	انهيدر 126
اوروبا الكاثوليكية 53	انهوي 753 / 757
اوروبا الشرقية 138 / 694	انورس 638

اوکلوٹ 435	اوروپا الوسطی 211 / 471 / 702
اوکی بونزو 761 / 762	اورفورت 42
اولیغیہ دی سیر 121 / 128 / 180 / 195 / 436	اورونس فینہ 54 / 55 / 66
اولیس الدروفانندی 126 / 128 / 179 / 180 /	اوراس 70
181 / 182 / 183 / 185 / 192 / 211 /	اوراستیتیوس 78 / 80
227 / 387 / 388 / 389 / 390 / 391 /	اوراینبورغ 90 / 91 / 322
392 / 393 / 394 / 447 / 448	اوریباز 166
اولیخ فون کالب 128	اوریان 174 / 176 / 712 / 787 / 788
اولوس ماغنوس 178	اوریان الخامس 175
اولدنبیغ 209	اورستید 609
اولر 241 / 350 / 352 / 469 / 470 / 473 /	اوران اوتان 625
476 / 477 / 478 / 479 / 480 / 481 /	اورودیل 638
482 / 485 / 486 / 487 / 488 / 489 /	اورال 729
490 / 496 / 498 / 499 / 500 / 505 /	اورسیس 754
507 / 509 / 510 / 511 / 513 / 514 /	اوزو 322
518 / 526 / 527 / 528 / 538 / 541 /	اوزاکا 761
542 / 546 / 547 / 550 / 551 / 553	اوستانمور سمبلیوم 194
اولم 312	اوسابک 598
اولوس رومر 322 / 337 / 520 / 521 / 523	اوسبک 708
اولوف رودبک 433	اوغسطین 14
اولبیر 526	اوغسبورغ 26 / 88 / 128
اولاها 696	اوغست الثاني 688
اومبری 31	اوغستین فارغان 780
اونیجن 738	اوفن 25
ایبارک 74	اوفرار 150
ایتومیوس 35 / 37 / 39 / 41 / 53	اوفیدو 179
ایتونب 712	اوفرینا 713
ایدا آمی 758	اوقیانیا 697
ایران 140 / 435	اوکھام 13
ایرس ملورنیشا 427	اوکسفورد 95 / 106 / 209 / 323 / 380
ایراسموس ورن 439	422 / 429 / 438 / 448 / 469 / 722 /
ایرلندا 444	793
	اوکرمیتانوس 173

آ . بكيوفي 674	ايرفين 564
آ . بروسوفي 702	ايزابيل 171
آ . س . تيسيوس 673	ايسلندا 446 / 697 / 713 / 724
آ . توين 718	ايطاليا 12 / 13 / 21 / 23 / 25 / 27 / 31
آ . ديبارسو 492	33 / 37 / 43 / 45 / 46 / 51 / 52
آ . ديون 653	53 / 58 / 69 / 70 / 78 / 79 / 83
آ . دي هان 685	104 / 127 / 133 / 140 / 148 / 150
آ . ب . دي كوندول 711	158 / 166 / 168 / 169 / 174 / 176
آ . ج . ديزاليه 738	184 / 185 / 188 / 189 / 194 / 208
آ . دي كندول 783	211 / 276 / 313 / 318 / 408 / 411
آ . ريشيران 683	412 / 415 / 416 / 418 / 419 / 421
آ . ج . ريختر 691	422 / 432 / 433 / 437 / 438 / 445
آ . زالوزانسكي 193	447 / 464 / 470 / 471 / 517 / 545
آ . سلسيوس 559	592 / 668 / 678 / 685 / 690 / 691
آ . سكاربا 674 / 691	712 / 713 / 719 / 726 / 727 / 728
آ . سبارمان 697 / 722	733 / 734 / 773 / 781
آ . غوان 712 / 719	ايطاليا الشمالية 699
آ . فان درسيغل 194 / 410 / 437 / 438	ايف ايفرو 435
آ . م . فالسافا 410 / 674	اېكهرون 700
آ . فرين 673	ايلي مزارشي 58
آ . فيرز 682	اېما موراشيشو 758
آ . ج . فينيل 691	ايمي بونبلان 783
آ . فون ستورك 693	اينياس دي لوايولا 12
آ . فون رون 712	آ . بجورنيو 39
آ . فالينباري 716	آ . بنيفي 157
آ . فاهل 721	آ . باري 168
آ . كويري 721 / 274 / 302 / 324 / 355	آ . م . براز افولا 171
363	آ . بتكيرن 413
آ . كاميراويوس 426	آ . باشمان 430
آ . كلير 436	آ . برونيه 437
آ . ك . كليو 498	آ . بلفور 438
آ . كيرشر 556	آ . بوس 494
آ . كيت 559	آ . باران 498

باريس 12 / 30 / 34 / 38 / 54 / 55 / 56 /
 95 / 105 / 106 / 124 / 149 / 151 /
 152 / 154 / 158 / 159 / 164 / 165 /
 166 / 172 / 175 / 184 / 187 / 188 /
 192 / 195 / 210 / 212 / 236 / 253 /
 254 / 256 / 257 / 262 / 265 / 276 /
 287 / 302 / 307 / 317 / 319 / 320 /
 321 / 322 / 323 / 395 / 405 / 411 /
 418 / 419 / 420 / 421 / 422 / 424 /
 431 / 432 / 433 / 437 / 438 / 440 /
 442 / 469 / 470 / 471 / 472 / 473 /
 476 / 477 / 480 / 487 / 490 / 492 /
 493 / 495 / 498 / 508 / 517 / 518 /
 519 / 527 / 529 / 530 / 533 / 534 /
 535 / 537 / 540 / 552 / 570 / 605 /
 635 / 641 / 653 / 655 / 680 / 683 /
 687 / 688 / 689 / 690 / 691 / 692 /
 394 / 696 / 708 / 712 / 720 / 721 /
 733 / 736 / 751 / 753 / 775 / 782 /
 783 / 785 / 787 / 792 / 793 / 795 /
 باري 123 / 158 / 181 / 182 / 421 /
 باريچ 124 /
 بارتولوميو استاشي 158 / 404 /
 باراغوي 197 /
 بارابول 240 /
 بارديز 338 / 340 / 341 / 349 / 351 / 406 /
 باريليه 432 /
 باره دي سان فينان 512 /
 بارون 594 /
 باريتان 751 / 756 /
 بازان 717 /
 باسكال 43 / 87 / 113 / 206 / 210 / 215 /
 216 / 233 / 242 / 245 / 250 / 251 /

ا. كاراجو 139 /
 آ. م. ليچندر 481 /
 آ. ليفري 692 /
 آ. ليلي 722 /
 آ. مونرو الابن 674 / 691 / 702 /
 آ. مونرو الاب 674 / 702 /
 آ. نيكولا 184 /
 آ. هورتن 414 /
 آ. هينترت 722 /
 آ. ج. هودوريگور 757 /
 آ. وورنغ 484 /

- ب -

بابوس 35 / 37 / 53 / 65 / 234 / 238 /
 239 / 246 / 250 /
 بابل 180 /
 بابريني 211 /
 بابلي 767 /
 باتريزي 80 /
 باتاغونيا 179 /
 باتيستا اوديرنا 396 /
 باتافيه 435 /
 بادو 12 / 13 / 31 / 47 / 67 / 69 / 82 /
 94 / 149 / 150 / 154 / 157 / 158 /
 168 / 194 / 196 / 208 / 312 / 313 /
 315 / 400 / 425 / 438 / 668 / 694 /
 720 /
 باراسلس 8 / 12 / 15 / 16 / 17 / 18 / 78 /
 123 / 127 / 134 / 140 / 141 / 142 /
 143 / 144 / 160 / 161 / 165 / 166 /
 172 / 173 / 371 / 373 / 376 / 377 /
 379 / 380 / 411 / 593 /

بيلوتيكيا يونيفرسماليس 17	252 / 254 / 257 / 258 / 263 / 264
البتاني 26	276 / 285 / 286 / 287 / 288 / 289
بتافيا 723	290 / 291 / 489 / 495 / 496 / 556
بتيفر 721 / 436	569
البحر الاسود 435 / 458	باميل فالنتين 134 / 135 / 136 / 144
بحر الجزر 458	باسيولي 245
بدرو نونز 54 / 57	بامستور 460 / 646
بدر سورنس 172	باس 541
بدرو فرنا فيلاسكو 779	باس ينغ تسي 753 / 757
برادواردين 21 / 22 / 28 / 31	باشت دي فيزيريك 240 / 245
براع 89 / 91 / 210 / 244 / 249 / 294	باشلار 649 -
309 / 335 / 446 / 667 / 783	باغفور 737
برازافولا 194	باقي 47 / 124 / 404 / 422 / 496 / 685
البرازيل 197 / 417 / 435 / 722 / 723	694
724 / 772 / 773 / 783 / 784 / 785	بافير 713
براندبورغ 318 / 645	باكر 639
براندت 592 / 593 / 594	بانكس 724
البرازيل البرتغالية 771 / 772 / 783	بال 21 / 71 / 78 / 87 / 140 / 147 / 155
بربارا وازلرود 69	158 / 164 / 165 / 170 / 176 / 191
البرتغال 83 / 171 / 432 / 433 / 471 / 713	422 / 469 / 470 / 472 / 476 / 490
772 / 773 / 784 / 785	654 / 694 / 738
برتليجي الانكليزي 181	بالاروك 124
برتولين 331 / 344 / 687 / 718	بالزبورغ 126
برتود 537	باليان 285
برتولي 562 / 606 / 608 / 612 / 613 / 618	بالهاراكري 763
693 / 619	بامبرغ 53
برتو لومودي مدينا 779	باننا غرويل 17
برتو لومو لورنس 784	باندا 169
برتو لومو ديلا روكا 167	باهيا 784
برد 519	باولو زاخيا 418
برسيا 47	باي 314
برسيغال بوط 593 / 594 / 691	بايرث 696
برغام 148 / 155 / 167	بايون 728

برونکر 489	برغزایرن 192
برونریغ 593	برکلی 480
بروست 619 / 719	برلین 211 / 470 / 471 / 476 / 477 / 530 /
بروت 652	594 / 635 / 661 / 690 .
بروشاسکا 663	برنارد ولتر 25 / 88
بروفل 712	برنارد دینو بالدي 104 / 105
بروتیو دی آیلار 713	برنارد بالیسی 118 / 119 / 120 / 121 / 122 /
بریطانیا 84 / 139 / 177 / 430 / 433 / 469 /	123 / 125 / 126 / 127 / 128 / 144 /
686 / 690 / 691 / 699 / 723 / 775	145 / 172 / 178 / 219 / 439 / 733
بریسو 171	برنغاریو 150
بریروس 173	برنار دینو مونتانا 165
بریگز 234 / 244	برنار آرتین 185
بریستلی 383 / 542 / 551 / 583 / 584 /	برنشفیک 219
600 / 601 / 602 / 608 / 609 / 616 /	برنار دی جوسیو 433 / 624 / 708 / 709 /
646 / 647 / 705	710 / 719 / 723 / 732 / 787
بریان روبنسون 657 / 718	برنار دان دی سان بیار 532 / 545
بری فونتن 721	برنار دینو رامازینی 689
بریون 786	برنار دینو ساهاغون 777 / 781
بزئشویغ لونبرغ 445	برنستون 788 / 794
بست 609	برودوسیمو بلدوماندی 31
بسیل 535	بروکلیس 37 / 55 / 494
بطرمن برغ 27 / 470 / 553	برومیا 69 / 457 / 470 / 645 / 661 / 690 /
بطرمن ایبانوس 38 / 43	713 / 729
بطلیموس 17 / 18 / 21 / 24 / 25 / 37 /	البروتسنت 81
53 / 65 / 66 / 68 / 69 / 70 / 72 /	برونچی 127
73 / 74 / 75 / 76 / 77 / 78 / 79 /	بروکسل 154 / 372
86 / 87 / 89 / 272 / 308 / 309 /	بروسپیرو البینو 169 / 176 / 178 / 193 / 196 /
313 / 329 / 750 / 754 / 790	بروفا 174
بغلیفی 669	برونفل 190
بغین 594	بروج 208 / 446
بکاری 726	بروفانسا 209 / 315 / 432
بکین 749 / 753 / 754 / 761	برودرو موس 401
بلامین 72	بروک تایلور 469 / 475 / 495 / 550

بندینو کاستالی 315 / 438	بلاتنان 164
بندیکت دی سوسور 728 / 731	بلاسو 734
بنسلفانیا 720 / 790 / 791	بلجیکا 713 / 725
بنفیتو سیلینی 494	بلقوری 124
بنوا دی مایه 630 / 733	بللو 126
بواتو 55 / 168 / 774	بلنک 719
بواتیه 55 / 164 / 176	بلومیر 124
بواسون 490 / 587	بلوکت 436
بوانسو 528	بلومیری 448
بواسیه دی سوفاج 654 / 685 / 687 / 688	بلوت 448
بوتوسی 779	بلوکر 499
بورباخ 21 / 24 / 25 / 38 / 43 / 54 / 64	بلومن باخ 672 / 703 / 728
بور 65 / 66 / 69 / 80 / 87	بلین 16 / 121 / 125 / 126 / 173 / 179
بورغوسان سبولکرو 31	181 / 182 / 187 / 192 / 354 / 388
بوربون دار شومبولت 124	525 / 789
بوربون لانی 124	بلیز دی پارم 31
بورفو 124	بلینیو 185
بورفیر سیپینی 133	بلیز باسکال 242 / 245 / 285
بورج 176	بلینی 407
بورغونیه 184	بنبرغ 27
بورلی 207 / 218 / 407 / 414 / 426 / 552	بتلی 304
647 / 650 / 653 / 654 / 655 / 656	بنجامین طومسون 563
659 / 661 / 669	بنجامین فرانکلین 460 / 570 / 573 / 574
بورجی 244	576 / 577 / 578 / 579 / 580 / 581
بورتا 357	582 / 583 / 587 / 588 / 790 / 791
بورنیو 395	792 / 794 / 795 / 796 / 797 / 798
بورتال 420	بنجامین مارتان 730
بورلین 425	بنجامین ریشاردسون 732
بورهایف 433 / 540 / 562 / 564 / 576	البندقیه 21 / 22 / 25 / 27 / 31 / 33 / 41
646 / 650 / 651 / 658 / 665 / 676	46 / 47 / 49 / 52 / 53 / 59 / 65
679 / 685 / 790	67 / 124 / 139 / 149 / 150 / 151
بورجوا 331	153 / 155 / 157 / 164 / 165 / 170
بورلاس 701	179 / 185 / 187 / 208 / 312 / 464

بورکھارد 712	بولو جيوفيو 166 / 181
بوري 713	بوليه 172
بورکھوسن 713	بوليو 263 / 318 / 558
بوربون 722	بولو ساربي 273
بوز 576	بولزانو 473
بوسر 81	بوليا 494
بوسوت 511	بولدوڪ 592
بوس 495	بول جوزيف بارتز 661 / 671 / 682 / 683
بوسطن 738 / 790 / 792 / 794 / 795	بوليار 718
بوشوز 699	بوليني 718
بوگران 236	بول ميو کوانگ کي 751 / 753 / 754
بوغوتا 777 / 778	بول دولي 790
بوفون 181 / 425 / 445 / 460 / 471 / 490	بوسونازي 13
491 / 542 / 563 / 597 / 613 / 614	بومبالي 18 / 43 / 46 / 49 / 50 / 51 / 54
624 / 625 / 626 / 628 / 629 / 635	57 / 58 / 59 / 234 / 236 / 240
636 / 637 / 641 / 642 / 696 / 699	255 / 773 / 784
700 / 702 / 703 / 705 / 706 / 710	بومبريليه 69
716 / 718 / 721 / 725 / 726 / 733	بوميت 437
734 / 735 / 736 / 738 / 740 / 786	بومي 558 / 593 / 609 / 614 / 615 / 616
792 / 796	بوتان 629
بوفون دي لوماني 239	بوتوس دي تيار 80 / 89
بوکوني 433	بونافيد 194
بوکسوم 713 / 722	بونومو 396
بوکلند 734	بونسي غليولي 433
بولونيا 12 / 38 / 47 / 50 / 53 / 69 / 123	بونبادور 463
126 / 139 / 148 / 150 / 154 / 158	بونابر 496 / 697
167 / 174 / 188 / 255 / 256 / 322	بوندي شيري 531 / 767
387 / 422 / 437 / 438 / 448 / 524	بوتين 689
530 / 668 / 694 / 713 / 720 / 726	بونامي 713
782	بوتنديرا 714
بولس الثالث 67 / 72 / 176	بونشارتران 774 / 786
بولس 163	بوهيميا 91 / 139 / 446 / 713
بول ايجين 165 / 168	بوي دي دوم 286

بیره 287	بویل 349 / 355 / 363 / 376 / 446 / 540
بیرو 417 / 421 / 426 / 533 / 534 / 537	بویل 551 / 556 / 561 / 562 / 563 / 570
بیرز 593 / 721 / 771 / 778 / 781 / 782	بویل 594 / 790 / 793
بیرول 552	بیانشینی 24 / 25
بیرنغو شیر 595	بیار دوهم 34 / 95 / 99
بیروز 697	بیار فورکادل 55
بیزنطیة 21 / 82	بیار راموس 55 / 80
بیزا 150 / 157 / 158 / 194 / 208 / 271	بیار دالی 83
بیزا 312 / 315 / 422 / 438 / 694 / 720	بیار بینا 89 / 189 / 191
بیزوت 482 / 484	بیارن 123
بیزو 784	بیسار بیلون 122 / 124 / 126 / 176 / 179
بیساریون 25	بیسار 180 / 182 / 183 / 184 / 185 / 186
بیسونیل 710	بیسار 195 / 196 / 393 / 394
بیشات 671 / 675 / 683	بیار جیل دالی 164 / 179 / 183
بیغور 123	بیار فرانکو 168 / 174
بیغافنا 179	بیار دیونیس 419
بیکاردا 134	بیار ماغول 431 / 624
بیکار دی بیار ماری کور 353 / 354 / 355	بیار بیرو 442
بیکار 356 / 357 / 361 / 362 / 519 / 522	بیار بوغر 524 / 533 / 542
بیسز 529 / 533	بیار یوافر 722
بیکنه 563	بیتارک 13 / 14
بیلی 730	بیترو برجی 46
بیمونت 433	بیتروشوفر 187
بینوا 14	بیتروث 236 / 482
بینیل 685	بیترو دوفینی 483
بینارس 766	بیترو فان موشنبروک 559 / 575
بیر بوترو 290	بیتکون 650
ب . انجر دی تونجن 164	بیترو سیمون بالاس 729
ب . آمان 438	بیرودلا فرانسیسکا 21 / 33 / 494
ب . آنغو 551 / 552	بیرکن ماجر 70
ب . ارسی 582	بیروس 150
ب . س . الینوس 673	بیرسک 209 / 210 / 315 / 317 / 318 / 410
ب . ارتیدی 702 / 712	بیرو غوردی 285

ب . الميدا 760	ب . سونيرا 697
ب . البانيل 786	ب . سرا بات 717
ب . بولسورت 185	ب . سونرات 722
ب . بسكر 195	ب . د . سان سيمون 786
ب . بيوننتيت 473	ب . شارل فوا 720 / 723
ب . ل . ج . بوات 511	ب . شرك 751
ب . باردى 551	ب . غودي 185
ب . بريغو 563	ب . غورمالدي 752
ب . س . س . بالاس 696 / 699 / 701 / 703 / 706	ب . فيغاروس 691
ب . بوفلسن 697	ب . فانيتنا 719
ب . باريلي 710	ب . فويه 721 / 786
ب . بوليار 712 / 715	ب . فوزي اويل 721
ب . بلوميه 720 / 786	ب . فورسكار 722
ب . بارير 721	ب . فوكيه 753
ب . بيريرا 750 / 755	ب . فيزيتور 753
ب . بيدريني 755	ب . ف . فون سيبولد 761
ب . بوغو 782 / 786 / 787	ب . كارنيرو 176
ب . تنبرغ 708 / 722 / 723	ب . كاستل 545
ب . توماس 752	ب . كيرشر 545
ب . جريون 750	ب . كولب 697
ب . ديلوني 149	ب . كامبر 703
ب . دي مونت مور 490	ب . كومرسون 723
ب . دهور 674	ب . كوغلر 750 / 754
ب . ج . ديسوت 674 / 691	ب . كالم 786 / 788
ب . ديشيزور 713	ب . لورامبورغ 437
ب . م . دانجيرا 784	ب . ليوني 695
ب . ج . دي بونكمب 787	ب . لبوني 702
ب . روينس 475	ب . مرمين 549
ب . ج . ردوتي 697	ب . ه . ج . موهرينغ 702
ب . روا 751	ب . ميشلي 712 / 713
ب . روكا 754	ب . ميلر 715 / 719
ب . زخيا 689	ب . ماركيث 786
	ب . هسلر 154

ب . هرمن 432

ب . هاريسونت 719

ب . ويلسون 575

ب . ويلمه 718

تسيني 110

تسي شاوانان 756 / 757

تشاو سينغ 753

تشانغ سونان 757

تشن من لي 754

تشيرويهوس 483

تشي شوي يي لنغ 756

توينجن 38 / 189 / 308 / 422 / 553

توياس ماير 526 / 535

توي كاراني 784

توتشو مونغ 756

تودرمال 768

تورينو 52

تورير 174

تورنر 178

تورنج 192 / 729

توريثلي 208 / 235 / 248 / 251 / 252 /

253 / 254 / 255 / 256 / 258 / 264 /

276 / 285 / 286 / 287 / 288 / 290 /

295

تورن فورد 424 / 708

تورينو 476 / 477

تورغو 602 / 721

توردس 655

تورت 689

تورين يرغمان 582 / 587 / 593 / 601 / 608 /

613 / 614 / 619 / 732 / 739

توسكانة 207 / 208 / 442 / 557 / 657 / 726

توفوا 195

تولوز 176 / 210 / 239

تولون 719

توما الاكوييني 13 / 127

توملس كميس 14

توماس فنكي 26 / 80

- ت -

تابولا پروتييكا 78

تابولا رودولفينا 91 / 155

تابارديو 168

تاتسغ يي تونغ تشي 756

تارتغليا الصغير 101 / 102 / 103 / 107 / 111

تارتيقي 550 / 553

تاغليا كوزي 174 / 692

تاكينيوس 592

تاكبيي كينو 758

تاكانو شوي 763

تالون 786

تاليوس 192

تاهيتي 531 / 723

تايلور 265 / 473 / 478 / 480 / 484 / 487

تراكتاتوس 25

ترانسيلفانيا 210

ترجيوني 726

تريفز 22 / 27 / 32

تركياء 196 / 686 / 722 / 792

ترميلي 635 / 695

ترو 719

تري باري 54

تريسمجيت 73

تريشل 164

تساو بنغ تشن 754

تسمانيا 723

ت . فرشىلد 715
ت . هنري 693
ت . هانك 783
ت . ولتر 721

- ث -

ثابت 31
ثورن 69

- ج -

جارتو 751 / 755
جاستنخ 766
جلك دوبرا سيلفوس 12 / 149 / 151 / 152 /
413 / 412 / 410 / 194 / 155
جلكوب بارباري 34
جلك بلتيه 43 / 50 / 80 / 167 / 173 / 238
جلك ليفيفر ديتايل 54
جلكومو ماريا نودي سيان 119
جلك اورب 127 / 173
جلكوب پرنغارو دي كارپ 150 / 151 / 153
جلك غريفن 165 / 172
جلكوب واترمان 169
جلك كارتيه 169 / 774 / 786
جلك الاول 209
برنولي 241 / 245 / 262 / 269 / 270 / 289 /
295 / 463 / 469 / 472 / 473 / 478 /
488 / 490 / 499 / 506 / 510 / 654
جلك روهولت 290 / 291 / 406 / 503
جلك بوليو 419
جلكوب بويار 429
جلك بواسو 437

جلكوپ 479 / 482 / 548 / 637
جلكوپو باروزي 494
جلك كاسيني 522 / 532
جلكين 598 / 713
جلكوب روهي 635
جلك فوكونسون 653
جاليا 32
جال 128
جاميكا 436 / 593
جامس سترلن 469 / 475
جامس كيل 493 / 653 / 657 / 669
جامس واط 565 / 567
جامس كوك 697 / 723
جامس لوغان 715 / 790
جامس هوتون 563 / 731
جامستون 789
جامس بتيفر 790
جان بودان 16 / 17
جان ساكرويسكو 21 / 31
جان ويدمان 28
جان بولر 54
جان بلتيه مانس 55 / 60 / 123 / 165
جان ترانشان 55 / 58
جان راي 56 / 79 / 227 / 285 / 393 / 394 /
423 / 424 / 426 / 429 / 430 / 431 /
432 / 433 / 436 / 557 / 595 / 623 /
695 / 707 / 732
جان نوننخ 61
جان سكوت اريجين 73
جان دولارت 96
جان باتيست بندق 19 / 51 / 52 / 53 / 57 /
79 / 84 / 85 / 96 / 104 / 105 / 106 /

جان الفونسو بوريلي 324 / 413	107 / 108 / 109 / 112 / 113 / 168
جان باتيستا ديلاپورتا 327 / 354	631
جان دوجات 357	جان سيلايا 106
جان باتيست ثسان هلمونت 15 / 371 / 372	جان فيليويون 107
373 / 374 / 376 / 379 / 400 / 401	جان لاثاي 126
412 / 424 / 425 / 595 / 598 / 649	جان باتيست كانانو 151
650 / 651 / 677	جان غونتيه داندريناخ 151
جان بيغن 377	جان اتيان كالكار 154 / 155
جان سوامردام 398	جان اويوريوس 155
جان غودار 398	جان فرئل 158
جان بيكت 404	جان هوليه 164
جان ريولان 411	جانوس كورناريوس 165
جان كيل 413 / 474	جان بوميه 166
جان جاك مونجي 414 / 416	جان انداجين 167
جان اندريا هلفيتوس 421	جان كواتار 168
جان كورتوت 427	جان بتيكور 169
جان 434	جان بوكسبرغ 185
جان لاکتيني 436 / 437	جانغ 188
جان لورو 463	جان جيرار 191 / 195
جان بينه 482	جان دالشان 192
جان وايت 491 / 789	جان رويل 192
جان بليرين 494	جان نيکوت 196
جان ريشر 529	جان دي لري 197
جان هنري هامسفرانز 649	جان مير 208
جان مينيه 649 / 655 / 717	جان برنولي 241 / 265 / 266 / 267 / 269
جان بوازيو 654	270 / 463 / 469 / 472 / 473 / 476
جان رومستان 655	477 / 478 / 479 / 486 / 487 / 508
جان استروك 633 / 665 / 666 / 668 / 718	509 / 510 / 513 / 533 / 550 / 654
732	656 / 657
جان نيکولا کورفيسار 684	جان دي بوگران 250
جان جلابرت 687	جان باتيست موران 321
جان باسيلهاک 692	جان بيکار 320 / 321 / 322 / 326
جان کلايتون 708 / 720 / 791	جان هيکر 322

جزر البحر المتوسط 196 / 435
 جزر الكناري 197 / 723 / 724
 جزر الأنتيل 417 / 434 / 435 / 687 / 688 /
 721 / 722 / 714 / 776 / 786 / 794
 جزر الأرخيل 435
 جزر الباسيفيك 436 / 697
 جزر الملوك 697 / 722 / 723
 جزر البهاما 720 / 791
 جزر الكارييب 721
 جزر فرنسا 722 / 723
 جزر سيشل 722
 جزر القمر 723
 جزر الرأس الأخضر 724
 جزر الشركة 724
 جزر الأصدقاء 724
 الجزر الجنوبية 724
 جزر الهند الغربية 771
 جزيرة كريت 125 / 196
 جزيرة رنبي 154
 جزيرة ميكرا كميري 119
 جزيرة فرجينيا 434
 جزيرة الاسانسيون 435 / 436
 جزيرة نوتردام 437
 جزيرة القديسة هيلانة 535
 جزيرة مينوركا 688
 جزيرة بوريون 723
 جزيرة ديشيا 760
 جزيرة الأرض الجديدة 775
 جزيرة كاب بریتون 787
 جليبران 358
 جا فريزيوس 43 / 55 / 79
 جبرنات 691
 جمشيد الكاشي 58

جان انجنهوس 717
 جان اندره دي لوك 727 / 728
 جان دي ليمبورغ 728 / 731
 جان دي غيتار 712 / 726 / 733
 جان لويس سولافي 736
 جان الثالث 772
 جان السادس 773
 جان ريبو 774
 جان فردريك فالبيو 714 / 786
 جان دياز 778
 جان كريناس 779
 جان باتيست كولبر 786
 جان نالون 786
 جان فرنسوا غولتيه 787
 جان يرات 787
 جاوه 436
 جبال الالب 123 / 188 / 192 / 431 / 728 /
 735
 جبال البرنيه الوسطى 432
 جبال الابينين 726
 جبال الجورا 728
 جبال هارز 729
 جبال اذربيج 729
 جبال البرنيه 192 / 713 / 734
 جبال الاندلس 773
 جبل اوفرنه 286
 جبل دوم 286 / 287
 جبل كومباتيل 307
 جبل ارارات 435
 جبل سان لوقا 725
 جبل بولكا 726
 جرمانيا 176
 الجزائر 722

جنت 164	جورج فورنيه 442
جنتيل 767	جورج لويس 624
جنکر 381	جورج شين 413 / 657
جنوبي 107 / 139	جورج ارنست ستاهل 658
جنوب فرنسا 124	جورج مارشال 689
الجنوب 765 / 766 / 773	جورج فورستر 724
جينف 55 / 163 / 470 / 727	جورج الثالث 776
جهان پراش 166	جورج جوان 782
جهان امين 167	جوزي دي آکوستا 182
جهان بيتار 175	جوزف غوتيه 315
جهان مامي 182	جوزف دوشن 411
جوانس بوت 54	جوزيف بيتون 431
جوانس بطرس 71	جوزيف سوفير 549
جوان جوزي 619 / 779	جوزيف بلاك 564 / 565 / 566 / 592 / 597 / 605 / 598
جوان لوسيرن 738	جوزيف برستي 582 / 599 / 717
جوان بادبانو 781	جوزيف دي جوسيو 697 / 721 / 782
جوردانوس نيموراريوس 21 / 22 / 27 / 31 / 35 / 43 / 54 / 61 / 103 / 111	جوزيف 709 / 710
جورج فون بورباخ 23	جوزفين 719
جورج ترويزوند 25 / 37 / 65	جوزف بانکس 435 / 697 / 724 / 784
جورج ثيارييني 33	جوزف تاونسند 732
جورجيو فاللا 35	جوزف دي آکوستا 777 / 781
جورج هارتمن 39 / 357	جوزي بوري فاشيو 785
جورج مالا 41	جوست بوجي 88 / 232
جورج ريتيکوس 71 / 72 / 73	جوست آمان 185
جوردان برونو 79 / 81 / 84 / 85 / 103 / 180 ⁴ / 217 / 218 / 219 / 410	جوفروا سانت هيلر 785
جورج بوير 139	جوليو سيزار ارازيو 158
جورج رفردي 185	جوليان ييري 166
جورج کانغيلهم 222 / 405 / 566	جون فيلد 79
جورج بوليفان 269	جون بينا 80
جورجيو باغليفي 407 / 413 / 669	جون غروميوس 110
جورجيا 435	جون غوريس 164 / 165 / 166
	جون کانايي 166

جون جوسلين 789	جون فون كوب 186
جون هادلي 790	جون باركينون 195
جون برترام 790 / 792	جون تابيرا ونير 242
جون ميشل 791	جون سبيدل 244
جون لينتغ 793	جون واليس 255
جون ونثروب 794	جون كولسون 259
جون ادامس 795	جون نايبه 312
جوهان شونر 25 / 38 / 71	جون دومينيك كاسيني 315 / 318 / 320 / 322 /
جوهان مولر 25	524 / 525 / 532 / 534
جوهان ورنر 38 / 39 / 44	جون الثالث سويسكي 318
جوهان ويلمانستر 70	جون فلامستيد 323
جوهان دي كيتام 153	جون مايو 375 / 376 / 596
جوهان لانج 172	جون ارنست ستاهل 381 / 680 / 681
جوهان توماس 185	جون جونستون 393 / 347
جوهان بوهيم 191 / 418 / 433	جون وير 418
جوهان كبلر 11 / 15 / 17 / 22 / 52 / 64 /	جون شيلر 424
66 / 75 / 78 / 80 / 82 / 84 / 85 /	جون ترادسكان 434 / 435 / 448
86 / 87 / 90 / 91 / 92 / 203 / 205 /	جون وود وورد 444 / 448
211 / 212 / 213 / 217 / 218 / 219 /	جون لاندن 475 / 481
220 / 231 / 239 / 244 / 246 / 249 /	جون غرونت 491
254 / 278 / 299 / 302 / 304 / 305 /	جون بيكار 570
307 / 308 / 309 / 310 / 311 / 312 /	جون ميشال 583
313 / 314 / 316 / 317 / 318 / 319 /	جون اليوت 615
321 / 324 / 325 / 326 / 327 / 328 /	جون نورفيل نيدهام 635 / 716 / 728 / 731
330 / 333 / 363 / 364 / 365 / 446 /	جون هنتر 637 / 674 / 690 / 691
459 / 519 / 524 / 790	جون بروان 661 / 679 / 680 / 720
جوهان فابريسيوس 316 / 702 / 708	جون موارد 689
جوهان كانتمان 447	جونسون 730
جوهان غسنر 712 / 726	جون وملي 731
جوهان جي كونينغ 712 / 723	جون بلفير 493 / 494 / 731
جوهان ر. فورستر 697 / 724	جون فريز 737 / 738
جوهان جاكوب شوزر 712 / 727	جون بلفدير 778
جوهان غوطلب لهمان 729	جون مميت 713 / 789

جوي 786	535 / 542 / 712
جيان انطونيو تاغلياني 46	جيمس بودوين 795 / 798
جيام باتيستا دلا بورتا 167 / 194 / 566	جينولوريا 47
جياكومو توماسيني 680	جين هوتو 722
جيور 767	جين برجوس 722
جيرار دي كرمونا 37 / 65 / 164 / 240	جين بورمن 722 / 723
جيرو لاموفرا گاستورو 46 / 67 / 68 / 121 /	جيوردانو پرينو 15 / 22 / 64
169 / 170 / 171	جيوڤاني باتيستا دلاتوري 67
جيروم کارادان 15 / 44 / 45 / 46 / 47 / 48 /	جيوڤاني باتيستا آميسي 67 / 68
49 / 50 / 51 / 55 / 60 / 104 / 105 /	جيوڤاني فيليپو انگراميا 158
110 / 121 / 122 / 166 / 167 / 168 /	جيوڤاني كريستون 164
173 / 213 / 234 / 238 / 245 / 285 /	جيوڤاني مناردي 165
368 / 391 / 595	جيوڤاني دافيچو 174
جيرالومو فابريسو 157	جيوڤاني رونسلي 327
جيرار دوسيپو 188	جيوفروا الصغير 593
جيزار 484	جيوفروا الكبير 593 / 594 / 611 / 612 / 613
جيرو لاموساڪيري 493	جيوڤاني راسوري 679 / 775
جيرار ديزارخ 495	ج . آميلي 404
جيروم دي لالند 535	ج . اورماناري 426
جيرو سولافي 736 / 737	ج . اوين 444
جيل كوروزت 126	ج . آلم 494
جيل براملس 132	ج . اليڪوت 559
جيل واليس 254 / 472 / 473 / 493	ج . آمونون 560
جيل بزنسون دي روبرفال 281	ج . ب . ابرهارد 646 / 699
جيل دافيد غريغوري 469	ج . اونزر 664 / 666 / 667 / 668
جيل مونرتوي 469	ج . ادوارد 695 / 713
جيل لاگرانج 476	ج . اندرسن 697
جيل شيلي 592	ج . آ . اوليفي 697
جيل بويل 595 / 596	ج . آليس 701 / 712 / 715
جيل هوڪار 786	ج . البجر 702
جيمس غريغوري 254 / 256 / 264 / 326	ج . ج . اوئنفيلشرينختر 383 / 609 / 615 /
جيمس جوړين 475	703 / 618
جيمس برادلي 436 / 520 / 523 / 524 / 530 /	ج . اردينو 726

- ج . بيلغ 153
 ج . بايو 166
 ج . ف . بونا 192
 ج . بوتانوس 193
 ج . بانزوني 196
 ج . بلسينر 206
 ج . ر . بارتيتون 375
 ج . بلاس 394 / 395
 ج . س . بير 410
 ج . برسر 433
 ج . پانيستر 434
 ج . بوندل 435 / 619
 ج . برين 436
 ج . برانكا 566
 ج . باربو دوبروج 574 / 797
 ج . م . بوز 575
 ج . بروشاسكا 667 / 668
 ج . ل . پتي 285 / 674 / 690 / 691
 ج . بالفين 674
 ج . برنفل 689
 ج . ييشودي لامارينييار 689
 ج . ب . بوديلوك 692
 ج . ف . بلومباخ 699
 ج . آ . بيسونيل 700
 ج . ج . بروغبير 701
 ج . س . بولي 701
 ج . ج . آ . بازين 702
 ج . بوس 712
 ج . بولتن 713
 ج . بوليت 714
 ج . بازين 716
 ج . باربو دوبروغ 719
 ج . بيانكي 726
 ج . ج . باديا 778
 ج . بافون 782
 ج . تسنيه 107 / 113
 ج . تريكو 399
 ج . ب . تونفور 190 / 191 / 198 / 430 /
 432 / 433 / 434 / 435 / 623 / 707 /
 708 / 709 / 710 / 712 / 714 / 720 /
 732 / 786 / 787
 ج . ر . تينون 674
 ج . ج . نومسون 797
 ج . ج . جليلين 609 / 696 / 713 / 718
 ج . جابلونسكي 702
 ج . جاكين 719 / 721
 ج . دي سبار 153
 ج . ج . ب . فل مونتي 168
 ج . دوشول 192
 ج . دوماس 377
 ج . ب . دوهاميل 406
 ج . ج . دوفري 419
 ج . ب . دينيس 421 / 224
 ج . ب . دوترتر 435
 ج . دي لوييتال 472
 ج . دوبريل 494
 ج . آ . ديوك 558 / 559
 ج . ت . ديساغوليه 574
 ج . ش . م . دي غريمود 682
 ج . دوغلاس 691
 ج . ب . دافيد 691
 ج . دافيل 692
 ج . م . ف . دي لاسون 694
 ج . ش . دي سافيني 697
 ج . ديكن 708 / 713
 ج . دي وشندروف 712

- ج . دي لورڊرو 723
ج . ج . ل . ديفنداڪ 753
ج . دومبي 782
ج . س . ديداس دي سوزا 784
ج . ريش 153
ج . رائف 436
ج . روير 437
ج . روا 474 / 582 / 623
ج . ف . ريڪائي 477 / 487
ج . رامسدين 560
ج . روبيسون 565
ج . ب . ش . روبه 630
ج . ش . ريل 662
ج . رسيغولت 693
ج . ج . روسو 718 / 787
ج . رومر 718
ج . زيلر 418
ج . ه . زورن 703
ج . سڪاليجر 105 / 119 / 120 / 595
ج . سيلفاتيڪو 163
ج . سيرايون 194
ج . آ . ميغز 484
ج . سيفا 496
ج . سيڪس 559
ج . سميتون 559
ج . ميناك 673
ج . د . ستوري 673
ج . ستيلر 696
ج . ج . سولزر 703
ج . م . سلس 719
ج . سبب تورب 722
ج . ب . سانصوم 763
ج . شنڪ 438
ج . س . شروتر 701
ج . س . شريپر 702 / 712
ج . س . شو 702
ج . ب . شابرٽ ڪوڱولين 787
ج . غراتارولي 167
ج . غيلومو 174
ج . غوتشد 433
ج . غريسلي 433
ج . غرافساند 560
ج . غادولين 565
ج . غاهن 619
ج . غودزير 671
ج . ب . غوافون 674
ج . آ . ي . غويز 700
ج . ف . غرونوفوس 708
ج . غارتتر 712
ج . ج . غلديتش 715
ج . فلسنگ 435
ج . ب . فراري 438
ج . ك . فاغاناو 481 / 486
ج . ل . فوليزارد 494
ج . ي . فيشر 618
ج . ف . فولتن 661
ج . فان سوين 685
ج . ب . فرانڪ 685
ج . ف . فينلي 693
ج . ك . فوشل 729
ج . ب . ل . فرانڪلين 786
ج . ك . فاعون 786
ج . ڪوليدج 34
ج . ڪاميراريوس 65 / 197 / 424 / 429
ج . ب . ڪودرونشي 418
ج . ڪولي 421

- ج . مارلياني 564
ج . ب . موران 565
ج . مارشان 627
ج . ب . مورغاني 675
ج . ه . د . مولدن هور 713 / 714
ج . س . مونييس 721 / 782
ج . ماريئي 722
ج . ي . مولينا 782
ج . م . موسينو 783
ج . نيوهوف 436
ج . هراندزدي اوفيدو 171
ج . هيرمن 470 / 487 / 498 / 699
ج . هودسون 474
ج . هيبنستريت 674
ج . هيل 713
ج . هوفيان 713
ج . هيوز 720
ج . ورسنغ 410
ج . ولكن 431
ج . وهلر 435 / 571
ج . ولسن 489
ج . ودغود 560
ج . ك . ويلكي 565 / 582
ج . وينكلر 575
ج . ب . ونسلو 674
ج . ويلارجيس 795
ج . يراكيم بيشر 373 / 380 / 381
ج . ف . يفاف 478
- ج . كوملين 433 / 435 / 437 / 438
ج . كورنوت 434
ج . كونغهام 435
ج . كريغ 472 / 473
ج . ب . كريستين 559
ج . كرافت 565
ج . كوهن 578
ج . كانتون 582
ج . كونكل 594
ج . ت . كلين 696 / 698
ج . كرامر 712
ج . كولروتر 715
ج . ليولت 128
ج . لوزل 433
ج . ه . لامبير 470 / 487 / 495 / 496 /
526 / 542 / 543 / 563
ج . لوريئون 556
ج . ن . ليبركون 673
ج . ليتود 675
ج . لوردا 682
ج . م . لانسيزي 685
ج . لند 688
ج . س . لافانر 688
ج . لورني 702
ج . ب . لايات 721
ج . ك . ليتسون 724
ج . موريكي 37
ج . ماجيني 59
ج . مانارددي 193
ج . ماجور 421
ج . ماركغراف 435 / 784
ج . ماشين 487
ج . موهر 495 / 496

- خ -

- خليج البنغال 435
خليج سونتورين 726

خليج شيزايك 775
خوارزمير 28

- د -

داروين 425 / 707 / 716

دارميرغ 646

دارموت 795

دافيد دي بوميس 166 / 170

دافي دي بروسار 195

دافيد ريتنهاوس 794

دالشان 188

دالتون 380 / 618 / 620

دالميسير 463 / 469 / 471 / 476 / 477 / 478

480 / 481 / 482 / 485 / 486 / 492

494 / 505 / 506 / 509 / 510 / 511

513 / 514 / 515 / 518 / 521 / 528

538 / 550 / 553 / 576 / 613 / 625

669 / 738

دالونسي 559

دال كوفولو 718

داليار 792 / 796

داميان 168

داميانوس 329

داميه 697

دانمارك 15 / 87 / 88 / 89 / 211 / 269

322 / 333 / 688 / 690 / 697 / 699

713

دانيال 44

دانزغ 71 / 211 / 318 / 319 / 696

دانيال باربارو 185

دانجون 321

دانيال سنير 411

دانيال كولنز 439

دانيال 470

دانيال برنولي 476 / 477 / 480 / 490 / 491

492 / 508 / 509 / 513 / 519 / 550

562 / 583 / 647

دانيال پاسافان 654

دانوب 699

دايفيد فابريسوس 318

دتونفيل 252 / 258 / 263 / 265

دراك 169 / 775

درهام 552

دريندر 151 / 719

دستونفيل 175

دغجز 84

دلفت 208

دهلي 767

دلينوس 713 / 722 / 723

دنكر 533

دنيز 171

دنيس بابان 288 / 551 / 563 / 567

دوبوي 210

دوبري 441

دوبلن 690

دويتون 696 / 700 / 740 / 741

دودن 188

دودلي 791

دورفاندي 17

دوربينو 53

دوريت 166

دوسو 170

دوستاتش 400

دوشن 127 / 173

دوشين 627

دي سافوا 52	دوفيللا فينا 128
ديسرتا تيودي لومين 545	دوفاي 370 / 382
ديسباش 594	دوفري 395
دي سالوس 598	دوفي 563 / 696
دي شاتليه 504 / 518	دوكت ايغوارنس 63 / 64
ديشيا 761	دوكاليون 121
ديغورنيا 81	دولون 521 / 542
دي غراف 650	دومينيكو ماريا دي نوفارا 38 / 69
دي فيلغنون 197	دومينيك سوتو 95 / 105
ديكارت 8 / 46 / 49 / 53 / 62 / 85 / 98	دوموند 435
207 / 206 / 205 / 204 / 109 / 100	دومينيكان 777
214 / 213 / 212 / 211 / 210 / 208	دون سكوت 105
221 / 220 / 219 / 218 / 216 / 215	دون بدرو 773
231 / 226 / 225 / 224 / 223 / 222	دوهيم 105 / 106 / 110 / 353
248 / 247 / 240 / 239 / 238 / 236	دوهاميل 592
257 / 256 / 254 / 252 / 250 / 249	دوهامل دي مونسو 714 / 716 / 718 / 787
279 / 278 / 277 / 264 / 263 / 259	ديالوغو 212
285 / 284 / 283 / 282 / 281 / 280	دي الويار 619
293 / 292 / 291 / 290 / 289 / 286	ديجين 161
304 / 303 / 302 / 297 / 296 / 295	دي بلي 241
337 / 336 / 335 / 334 / 331 / 328	ذي بروورسيوني موتيس 281
356 / 355 / 351 / 348 / 340 / 338	دي بارباور 494
368 / 367 / 366 / 365 / 364 / 363	دي بوردا 511
423 / 413 / 409 / 408 / 376 / 369	دي تورنون 196
444 / 442 / 441 / 440 / 439 / 425	ديجيبي 369
496 / 484 / 482 / 479 / 446 / 445	ديجون 606
547 / 546 / 519 / 506 / 504 / 498	دي جبر 702
656 / 647 / 578 / 569 / 562 / 548	ديدرو 576 / 669 / 733 / 738
734 / 705 / 669 / 668 / 664 / 663	دي رودوندو 197
ديكسن 714	دي رومفورد 563
دي لويتال 266 / 295 / 473	دي رمستر 566
دي لامار 287	ديزارغ 241 / 242 / 243 / 495 / 496
ديلابورتا 330 / 333	ديزاغوليه 510 / 540

رابله 124 / 126 / 164 / 174 / 179 / 180 /	ديلي 406
182 / 195	دي لاسابليير 406
راتيسون 25 / 288	ديلون 411
رازي 13 / 180	ديلور 796
رأس الرجاء الصالح 435 / 722 / 724	ديولين 192
الراغوزي 507	دي مونج 333 / 348 / 556
رافسون 474 / 485	دي موتو 404
راموس 18 / 55 / 56 / 493	دي موافر 486 / 490
رامبرنت 395	ديمان 619
رامو 552 / 553	دينيس هانريون 244
راوولف 176 / 722	دي هالستين 750
راي 626 / 627 / 706	ديوفانت 18 / 50 / 51 / 53 / 58 / 59 / 234 /
رجوس 290 / 291 / 292 / 405	489 / 240 / 235
رجو دي يزي 768	ديوسكوريد 165 / 173 / 187 / 194
ردوي 720	دي وورد 208
رمبرت دودن 189	ديوني 320
رمدن 519	ديونيس سيجور 497 / 751
رنگاكوشا 761 / 762 / 763	ديوكليس الكاريسي 649
رنگاك 692	ديودوني دولومير 735 / 741
روان 210 / 285	د . اهرت 719
روبر الانكليزي 26	د . بيريز دوفارغا 128
روبرت ريكورد 56 / 79	د . بومي 165
روبر بويلي [بويل] 209 / 288 / 297 / 365 /	د . دودار 413 / 424 / 425 / 494 / 495
366 / 369 / 372 / 375 / 379 / 380 /	د . روزفورد 559
408 / 647 / 658	د . سوتون 686
روبر هوك 209 / 218 / 221 / 325 / 328 /	د . سولندر 724
329 / 331 / 338 / 339 / 340 / 341 /	د . غوب 658
342 / 345 / 346 / 350 / 351 / 375 /	د . كاستل 792
376 / 396 / 408 / 410 / 426 / 427 /	د . مكلي 375
428 / 440 / 443 / 446 / 448 / 522 /	د . ت . ويتسايد 496
540 / 559 / 562 / 569 / 595 / 596 /	
741 / 790 / 793	
روبر فال 210 / 215 / 235 / 239 / 248 /	

- J -

رابدو لوجيا 59

/ 444 / 434 / 249 / 211 / 207 / 188

781 / 741

رومفورد 566 / 542

روميو 550

رومي دي ليمل 739

رونسار 173

رونديلي [روندليه] 180 / 185 / 186 / 191 /

391 / 389

رويل 187

رويش 670 / 669

رويز 721

ريتيكوس 80 / 78 / 75 / 39 / 26

ريتون 778

ريجو مونتانوس 21 / 23 / 24 / 25 / 26 / 30 /

38 / 39 / 43 / 58 / 64 / 65 / 66 /

83 / 88 / 234

ريجودي كالابري 148

ريدي 207 / 221 / 414 / 436 / 641 / 650

ريز 44

ريست 662

ريشر دي بلفال 192 / 195

ريشي 249 / 254 / 751 / 752 / 753

ريشار مورتون 414

ريشار وايزمان 414 / 419

ريشليو 435 / 775

ريشر 532

ريشار كيروان 608

ريشان 662 / 685

ريشار براهلي 714 / 715

ريفوليسيو نيوس 79 / 81

ريفورماسيوني كالانداري 82

ريكيولي 318

ريكار [ريكون] 407 / 438

/ 255 / 254 / 253 / 252 / 251 / 250

/ 286 / 282 / 281 / 263 / 258 / 257

295 / 287

روبير نورمان 357 / 358 / 367

روبير تالبور 421

روبرت شاروك 427

روين 437

روبير هوبرت 448

روبير سمسون 469 / 493

روينس 480

روبرويت 664 / 665 / 666 / 668 / 672

روبرتز 715

روتبول 723

روثمان 80 / 85 / 87

روجر باكون 82 / 138

روجر كوت 474 / 486 / 487 / 503

رودولف 58 / 59 / 424 / 429

رودولف الثاني 91 / 309 / 312 / 446

رودرز بوسكوفيتش 507 / 508 / 545 / 546

روزل 637

روزل فون روزنهوف 695 / 702

روزيه 718

روسيا 24 / 84 / 139 / 457 / 470 / 696 /

699 / 713 / 729 / 750

روستوك 78 / 87 / 91

روسو 152

روسيوس كوردوس 194

روفيي 470

رول 484

رولان ميشال باران دي لاغاليونياري 787

رولي 796

/ 105 / 84 / 83 / 70 / 53 / 47 / 31

/ 157 / 158 / 164 / 165 / 179 / 184

و . براون 711	ريكارڊو 758
و . ل . ديفونتين 722	ريلڊو كولومبو 157
و . دي لاسال 786	ريما كلوس 123
و . سيالڊ 433	ريمي بللو 126
و . سيمر 581 / 582 / 587	ريمون لول 180
و . ب . سبائه 674	ريمون، اتيان 180
و . فلود 556	ريمون فينس 410
و . فينس 675	ريمان 481
و . کونستانان 194	رينيه تاتون 9
و . مک . کون 321	ريناتيا 14 / 444
و . کوت 491	رينهولد 79 / 81 / 88
و . لور 421	ريني دوغلاس 223 / 224 / 271 / 302
و . موريسون 423 / 424 / 430	رينيري [رينياري] 290 / 315
و . هيدنه 671	ريني انطون فرشتو دي ريسومور 401 / 471

- ز -

زاديال بويلستون 792	787
زالوزنسكي 187	زينه دي غراف 401 / 410
زامبري 54	زينو 473
زانوي [زانوي] 438 / 530	زيتالدي 559
الزركلي 24	زيتولت 561 / 662
زمرمن 699	زينه جوست هاوي 740 / 741
زوريخ 188 / 827	زيني لودونيير 774
زورن 719	زيتال 792
زيان دي کو 47	زيو دي لابلاتا 772 / 783
زيلندا 724	زيو دي جانيرو 784 / 785

- س -

ساينزا 158	و . آرنالديز 403
ساج 609	و . آتاکيرش 112 / 122 / 219 / 363 / 414
ساربون 65	444 / 445
	و . ش . اولي 706
	و . بوميلي 485

729 / 565	سارت 195 / 196
سان اندريه 626	ساراز 253
سان شامون 710	سارازين 787
سان. جاك دي كومبوستيل 733	ساش 707
سان كريستوف 738	ساغريدو 272 / 274 / 276
سان فرانسيسكو 777	ساكروبويسكو 24 / 38 / 54 / 65 / 80 / 82
سان ديفوتسو 777	الساكس 125
سان ماركو دي 778	ساكسون 139
سانتوس 784	ساكيري 494
سبالانزاني 401	سالامنك 171
سباسيان روبين 434	سالفياتي 185 / 186 / 272 / 274 / 276 /
سبات 446	389 / 391
سباستيانو كابوتو 775	سالومون دي كوس 494 / 566
سبتيتربرغ 433	سالاديني 497
سبرنغل 705 / 706	ساموس 79 / 125
سبستيان كولان 165	ساموراي 758
سبستيان قايان 433	سان فرنسا 31 / 83
سبون 435	سانفورين شانيه 164 / 166
ستاتيك تارتغليا 103	سان لوران 169 / 774 / 775 / 787
ستاسفورت 126	سان بيار 175
ستاھل 371 / 380 / 382 / 383 / 599 / 607 /	سان كوم 175
612 / 646 / 649 / 659 / 660 / 661 /	سان لوك 175
662 / 663 / 688	سان لويس 175
ستارلن 650 / 718	سان جرمان 178
ستراسبورغ 42 / 89 / 164 / 176 / 296 /	سان وايلد بالد 195
ستراپوت 120 / 121	سان فانسان 257
ستراتون 556	سان جاك 287
متلوتي 396	سان توما 363
ستندال 462	سان اندري 377
ستوكھولم 210 / 530 / 601	سانتوريو سانتوريو 407 / 413 / 425 / 556 /
ستينون 128 / 206 / 207 / 211 / 219 / 401 /	653 / 684
410 / 440 / 442 / 443 / 445 / 446 /	سان درمنغ 434 / 687 / 721
	سان بطرس برغ 471 / 476 / 490 / 517 /

سوارتز 721	650 / 656 / 657 / 726 / 729 / 730
سوتو 106	734
سوت شو 757	ستيريا 308
سوريا 733 / 722 / 315 / 197	ستيفن غري 382 / 570 / 571 / 572 / 574
سوردون 321	575 / 578
سوريان 434	ستيفن. هال 425 / 596 / 654 / 716
سورين 473	ستيرلنغ 490 / 497
سورج 550	سرافينو فولتا 726
سوسور 563	سرفيتو 151 / 160
سوفوس لي 479	سفريوس 173
سوفير 553 / 550 / 549	سفريتي 699
سوفولك 737	سفين 192
سولوكوس 68	سكال فون بل 750 / 752 / 754
سولندر 719	سكتوس اميريكوس 181
سولداني 726	سكويوكي 699 / 708
سومطرة 435	سكوت 723
سوميرنغ 665	سلس 164 / 419
سونيني دي مانون كور 722	سلفينو دجلي آرماتي 327
سونغ 755	سلفستر 373
السويد 720 / 719 / 709 / 702 / 686 / 139	سلوز 240 / 249 / 263 / 264
سويسرا 686 / 470 / 422 / 420 / 185	سلوان 701
787 / 738 / 726 / 725 / 718 / 713	سليو كالكانيني 68
سيام 767 / 735	سمبليوس 41 / 218 / 219 / 221 / 272
سيسيون دل فرو 49 / 48 / 47 / 46 / 38	سموغلنسكي 751 / 754
سيسيون دي مونتو 38	ستريفوجه 295
سييريا 729 / 696 / 531	ستودومغو 777
سيچيسك 708 / 706	سنغال 696 / 697 / 711 / 722
سيدنام 790 / 421	سينو سيني 133 / 134 / 138
مير هانس ملوان 708 / 611	سنيل 233
ميرجون هيل 719	ستيليوس 57 / 88 / 110 / 321 / 331 / 506
ميزار كريميني 13	سوامردام 221 / 328 / 408 / 632 / 637
ميزالينور [جونغ] 13 / 121 / 160 / 182	647 / 657 / 658
187 / 192 / 193 / 198 / 403 / 423	سواب 593

س . دال 437
 س . ف . دومون سانلوسون 786
 س . شاميه 166 / 195
 س . غرينوس 65
 س . فلمنت 437
 س . فايان 708
 س . ب . كراشينيكوف 696
 س . كرنو 719
 س . ف . لاكروا 476 / 493
 س . لاكلرك 493
 س . ف . لودويغ 703
 س . ماكلورين 474
 س . م . ميريان 695
 س . ميلر 712
 س . ف . هرمستاد 609
 س . ف . وولف 636 / 637

- ش -

شاتيله 460
 شارل بويل 54
 شارل التاسع 124 / 178
 شارل اتيان 128 / 152 / 153 / 195
 شارل كانت 154 / 171
 شارل الثامن 169
 شارل دي لاكلوز 188 / 189 / 190 / 191 /
 192 / 196 / 197
 شارل الثاني 307 / 323
 شاروين 329
 شارل الاول 401
 شارل باربيراك 415
 شارل فيليكس تامي 419
 شارل بيرو 442

424 / 430 / 431 / 595 / 707
 سيزار ماغالي 419 / 420
 سيسي 396
 سيستوني 396
 ميغوموند فون هربرستين 178
 ميغر فوكوكور 353
 سيغن 566 / 607 / 648 / 661 / 672
 سيغه 718
 سيفيرين بينو 418
 مي فونغ تسو 751 / 754
 سيكست الرابع 25 / 83
 سيكست كانت 124 / 171 / 447
 سيكي كو 482 / 758
 سيليزيا 178
 سيلان 435 / 436
 سيلفيوس 650 / 676 / 677 / 685
 سيمون ستيفن 18 / 46 / 57 / 58 / 59 / 60 /
 61 / 81 / 93 / 110 / 111 / 112 /
 113 / 114 / 208 / 232 / 236 / 240 /
 279 / 289 / 484 / 494 / 652
 سيمون غرينو 37
 سيمون دوشمن 233
 سيمون ماير 318
 سيمون كروجر 690
 سينيك 14 / 348 / 381
 سينا 127
 سڤيت 592
 سڤييه 705 / 718
 سيان 133
 س . برلي 433 / 438
 س . برتون 721
 س . آ . تينسو 685
 س . ج . جملين 696 / 713

شارل 561 / 605	الشرق الأقصى 140 / 435 / 749 / 761 / 762 /
شارل فرنسوا ميستري دوفي 570 / 572 / 573 /	763
574 / 575 / 576 / 581 / 582 / 584	شريكن فوش 80 / 81
شارل اغوستين كولومب 585 / 586 / 587 / 588	شريبر جيلين 699
شارل وود 593	شستر مورغال 541
شاردينون 607	شفنكفلت 178 / 180 / 183
شارل رويينه 631	الشمال 408 / 776
شارل داروين 631	الشمال الأوروبي 464
شارل بوني 633 / 634 / 636 / 637 / 638 /	شمبانيا 139
639 / 640 / 641 / 642 / 643 / 702 /	شنغهاي 753
705 / 716	شنغ ب . أول 754
شارل بل 669	شو 125 / 703
شارك 696	الشواطئ الغربية 197
شارل لينبي 707	شوتن 238 / 249 / 256 / 293 / 294
شارل الثالث 772 / 778 / 782	شوزر 738
شاركاس 777	شوغون 760
شارتييه دي لوتينييار 787	شوكيه 21 / 31 / 43 / 44 / 47 / 48 / 51 /
شارلستون 792 / 793	236 / 55
شارل مورتون 793	شومل 719
شاطئ الأطلسي 458	شومون آن فكسان 732
شاطئ المتوسط الشرقي 722	شونو [شونتر] 43 / 255
شامبيلين 420 / 774	شوي تاو تيانغ 756
شانتيلي 178	شيبول 43
شيتال 606	شيبا كوهان 762
شبه جزيرة ملكا 723	شيرار 435 / 437 / 720 / 722
شبه الجزيرة الهندية 417 / 765	شيرون 14
شبه الجزيرة الإيطالية 418	شيكيانغ 756
شوتونغارت 713	شيكيان 753
الشرق 24 / 432 / 434 / 435 / 457 / 458 /	شيلي 383 / 563 / 594 / 603 / 619 / 772 /
464 / 687 / 722 / 763	774 / 782
الشرق الأوروبي 69	ش . ن . اسلون 687
الشرق الأوسط 138 / 688	ش . بلوميه 434
الشرق الأدنى 140 / 178 / 722	ش . برسون 714

طليلة 164 / 784

الطوسي 26

- ع -

عالم المتوسط 408

العالم العربي 749

العالم الغربي 763

العالم الاطلسي 775

العرب 66

علي بن عباس 163

عمانوئيل البرتغالي 185

- غ -

غارغانو 17

غارينو 25

غارسيا دي اورتا 184 / 186 / 193 / 197

غاريديل 432 / 434

غارسيلا سودي لافاغا 777

غارغيا 778

غاستون دي فوا 47

غاسبار بوهين 158 / 191

غاسندي 210 / 215 / 244 / 277 / 278 /

297 / 317 / 318 / 319 / 336 / 369 /

552 / 562 / 661

غاسكوانييه 321

غاستون دورليون 433 / 437

غاسبار مونج 41 / 469 / 471 / 476 / 477 /

478 / 493 / 495 / 496 / 498 / 499 /

500 / 501 / 550 / 552 / 506 / 606

غاسبار فردريك وولف 636

غاسبار دي كوليني 774

ش . ب . تنبرغ 761

ش . ج . جيوفروا 592 / 715

ش . ل . دوماس 682

ش . ريشه 403 / 717

ش . شونيتي دي مانون كور 721

ش . غستر 388 / 389 / 390 / 393

ش . غوفر اورتيجا 712

ش . فون وولف 705 / 714

ش . كوريو لانوس 185

ش . كافينديش 599

ش . ف . لودويغ 675

ش . مونغوين 739

ش . نوت 712

ش . هيس 474

- ص -

صاكاكي كوهان 758

صفلية 119 / 327 / 433

صموئيل 241

صموئيل كلارك 503 / 504

صموئيل ريه 553

صموئيل وليم 794

صولندر 708

الصين 133 / 140 / 417 / 436 / 457 / 464 /

697 / 722 / 723 / 749 / 752 / 753 /

756 / 757 / 758 / 760 / 762 / 763 /

767 / 792

الصين الجنوبية 749

- ط -

طاليس 353 / 368

غالبيليه [غاليلي] 8 / 11 / 13 / 15 / 18 / 78 /	غراندامي 358 / 363
79 / 82 / 84 / 85 / 87 / 89 / 95 /	غراي 370
106 / 107 / 109 / 203 / 204 / 206 /	غرافساند 495 / 504 / 540
207 / 208 / 209 / 212 / 213 / 214 /	غراهام 519 / 520
216 / 217 / 218 / 220 / 223 / 224 /	غراهالا غهافا 766
225 / 231 / 244 / 245 / 249 / 252 /	الغروب 41 / 77 / 457 / 458 / 684 / 750 /
257 / 264 / 271 / 272 / 273 / 274 /	752 / 753 / 754 / 760 / 773 / 774 /
275 / 276 / 277 / 278 / 279 / 280 /	776 / 798
281 / 282 / 285 / 291 / 295 / 296 /	غرناطة 168 / 772 / 782
299 / 306 / 307 / 308 / 311 / 312 /	غرونوفوس 196 / 791
313 / 314 / 315 / 316 / 317 / 318 /	غرونلاند 433 / 713
319 / 320 / 326 / 328 / 335 / 363 /	غرو 790
399 / 400 / 407 / 409 / 411 / 413 /	غريغوار ريش 41
423 / 439 / 440 / 459 / 549 / 556 /	غريغوار الثالث عشر 83
569 / 752 / 790 / 793 /	غريف 165
غاليان [غالينوس] 16 / 147 / 148 / 149 /	غريشام كوليج 209
150 / 151 / 152 / 154 / 155 / 156 /	غريغوار دي سان فانسان 242 / 249 / 253 /
157 / 160 / 163 / 164 / 165 / 166 /	263 / 264
168 / 170 / 172 / 399 / 401 / 407 /	غريمالدي 318 / 331 / 337 / 338 / 339 /
414 / 415 / 655 / 659 / 663 /	344 / 349 / 547 / 551 / 750 / 753 /
غالية الفرنكية 133	536 / 535 / 534 / 530 / 715 / 754
غاليتو ماريسكوتي 348	غرين 609
غالفاني 589 / 661 / 668 / 669 / 671 /	غنسر [جنسر] 12 / 17 / 121 / 122 / 124 /
غالتيري 707	127 / 179 / 181 / 183 / 184 / 185 /
غاليزي 725	186 / 187 / 188 / 189 / 192 / 194 /
غاليسونيار 788	198 / 595
غانيسا ديفاجنا 766	غلاسكو 469 / 565
غاي لوساك 561	غلازر 592 / 594
غبريال زربي 150 / 170	غلوير 141 / 373 / 591 / 610
غبريال فالويو 157	غلو سوتومون 174
غبريال نودي 209	غليوم غوسلان 55
غبريل كرامر 482 / 497	غليوم الرابع 78 / 88 / 90
غراز 309	غليوم روندلي 158

غونزالز فرنانديز اوفيدو 777	غليوم بودي 164
غويانا 417 / 721 / 722 / 774 / 782	غليوم كوك 164
غويلوريني 438	غليوم بايو 415
غي باتان 164 / 411	غليوم دي لوييتال 469
غيثن دي تيان 95	غليسون 659 / 660
غيتالدي دي راغوس 234	غليديتش 708 / 712 / 714
غيتون دي مورفو 562 / 604 / 605 / 606 /	غند لسيهر 435
608 / 610 / 612 / 613 / 614 / 615 /	غوا 169 / 179 / 484
617	غواديلوب 434
غيتار 716	غواتيالا 772 / 778
غيدو اوسلي 97	غوتنجن 445 / 470 / 535 / 685 / 719
غي دي شوليك 148 / 166 / 419	غوتيه داغوتي 719
غيدو غيدي 158 / 159 / 164	غوتو غونزان 759
غي دولا بروس 437	غودين 497
غيدو بالدودل موني 494	غوردون 575
غيرال 432	غورتر 713
غيلا ندينو 176	غوس 470 / 482 / 483 / 484 / 485 / 489 /
غيبي 179	491 / 494
غينيا الجديدة 723 / 724	غوستاف ماغنوس 649
غيون دي لهيتسوري 95 / 105	غوساو 784
غيودو غراندي 470	غوليوس 240
- ف -	
فابريسو داكوا بندني 13 / 16 / 157 / 395 /	غولدين 250 / 264 / 792
659 / 403	غولتيه دي لفاليت 326
فابيو كولونا 122 / 189 / 197 / 430	غولد باخ 489
فابريسوس هيلدانوس 174 / 419	غولتيه دي لا فيرندي 786 / 788
الفاتيكان 39 / 781	غولد سميت 792
فارس 417 / 697	غومارا هرنانديز 179
فاراندري 774	غومز اورتيجا 713
فاسي 151	غونتيه داندرينخ 123 / 149 / 154 / 164 /
فاسكو دي غاما 169 / 195	165 / 170 / 176
فاغون 432 / 433 / 434	غونزالف 169
	غونفريد ويلهلم ليبينز 211
	غونر 713

488 / 487 / 263 / 256 / 249 / 248	فاكانو 470
491	فاكس 595
103 / 51 / 49 / 47 / 46 / 13 / 12	فالسي 28
فرانكونيا السفلى 25	فالا 36
فرانيسكو فليسيانوڊ الزيزو 46	فالتي اوتو 81
فرانيسكو غاليني 46	فالويو 121 / 124
فرانيسكو موروليڪو 51 / 52 / 53 / 245 / 327	فالوب 151 / 158 / 400
فرانسوا دي فواكانڊال 55	فالا دوليد 165
فرار 157 / 158	فاليري ڪوردوس 188 / 192 / 193 / 194 / 196
فرسوا رانشين 163 / 416	فاليت 437
فرنسوا اولو 168	فالسيري 641 / 701
فرانسيسڪو منڊيس بتو 169	فالي 669
فرسوا الاول 173 / 176 / 776	فالريوس 717 / 739
فرانسيسڪو هرناندز 179 / 434 / 781 / 783	فاليزنباري 726
فرانڪفورت 184 / 185 / 713 / 719	فالورسين 728
فرانڪيل دي بي 245	فانسان دي يوفيه 16 / 124 / 138 / 178
فرانسوا مارتس 433	فانوڪيو بيرنغوشيو 127
فرانسيسڪو ڪالزولاري 192 / 448	فان دريوپ 184
فراداي 577 / 581 / 584	فان ڪالڪار 186
فرانسوا داليار 581	فان شوتن 235
فرانز ايتوس 582	فان هورن 401
فرنسوا ڪيسي 653	فاندر موند 482 / 483 / 484
فرانسوا بوايه دي سوناج 681 / 711	فانتت لاغني 487
فرانسوا لايروني 689 / 691	فان مونس 609
فرانڪو 692	فان ترومويڪ 619
فرانسوا اندري 720	فان مارون 716
فرانسوا موييز شاراس 751	فان ڪوان تشن 757
فرازانو 774	فاندي 774
فرانسيسڪان 777	فاهل 713
فرانسوا ديغورودريڪ 778	فبريس بستيلنس 168
فرانسوا فويه 782	فرانسوا فيات 11 / 46 / 53 / 55 / 58 / 61
فريست 750 / 751 / 754	62 / 213 / 231 / 232 / 233 / 234
فرجينيا 436 / 720 / 775 / 789 / 791 / 792	235 / 236 / 238 / 239 / 240 / 246

فرنسيكو غزغز 781	فردينان 171 / 207
فرون آمون 734	فردينان السابع 772
فريبورغ 41 / 128 / 729 / 779	فريزه [فريزه] 495 / 721 / 782
فريدريك كوماندينو 53	فرساي 437
فريدريك الثاني 89 / 91 / 457 / 470 / 476 / 477	فرغاس ماشوكا 780
الفريزون 139	فرنل 12 / 13 / 15 / 16 / 159 / 160 / 166 / 168 / 170 / 339 / 346 / 352 / 399
فريدريك سيزي 207	539 / 547
فردريك رويشن 410	فرنسا 14 / 27 / 43 / 45 / 56 / 79 / 80 / 83 / 148 / 151 / 165 / 166 / 169
فردريك هوفمان 592 / 646 / 675	175 / 183 / 184 / 185 / 188 / 196 / 208 / 210 / 250 / 277 / 320 / 337 / 381
فردريك مير 598	408 / 411 / 413 / 415 / 416 / 417 / 418 / 419 / 420 / 421 / 422 / 432
فرين 670	433 / 434 / 439 / 457 / 459 / 461 / 473 / 493 / 494 / 499 / 504 / 517
فريدريك الرابع 688	531 / 534 / 537 / 540 / 543 / 544 / 558 / 559 / 571 / 574 / 601 / 609
فريول 726	611 / 615 / 675 / 681 / 684 / 685 / 686 / 687 / 688 / 689 / 690 / 691
فلامستيد 90 / 534 / 535 / 790	693 / 694 / 695 / 699 / 702 / 708 / 711 / 712 / 714 / 718 / 719 / 720
فلاك 244	722 / 723 / 733 / 736 / 750 / 773 / 774 / 775 / 776 / 786 / 787 / 788
فلاكور 435	792 / 795 / 796
فلادلفيا 794 / 795 / 796	فرنسيس باكون 11 / 204 / 206 / 209 / 214 / 215 / 216 / 221 / 226 / 330 / 408
فلسطين 196 / 722	556 / 562 / 563 / 796
فلندر 14 / 139 / 208	فرنسيس غليسون 428
فلورنسا 13 / 14 / 33 / 46 / 149 / 150 / 164 / 185 / 194 / 207 / 208 / 227	فرنسيس هوكوسي 570
722 / 276 / 324 / 442 / 443 / 557	فرنسي 639
720	فرنسا الجنوبية 736
فلورين بيريه 286 / 291	فرنسا الجديدة 775 / 785 / 786 / 787 / 788
فلورك 553	
فلورانس 624 / 625	
فلوجر 664	
فلوريدا 720 / 771 / 774 / 791	
فلوريان دي بلقوا 741	
فليكس براتر 158 / 738	
فليكس دي آزارا 783	
فتيتا 723	

فوتاني كانغهي 750	فنزويلا 772
فيتروف 93	فنج شن 757 / 762
فيتاغور 17 / 64 / 213 / 214	فنج كوي فن 757
فيرجيل 14	فهرنهايت 559 / 564 / 645
فيرونا 47 / 170	فويان 463 / 464
فيروشو 152	فوجل 719
فيرمات 210 / 231 / 232 / 235 / 238 / 239 /	فورتوناتو فيديلي 418
240 / 241 / 224 / 246 / 247 / 248 /	فورييه 485 / 550 / 553
249 / 250 / 251 / 252 / 253 / 254 /	فوركروا 562 / 606 / 609 / 615 / 617
255 / 258 / 259 / 264 / 290 / 331 /	فورسكال 708
336 / 366 / 473 / 479 / 484 / 489 /	فورستر 722
490 / 498 / 506 / 548	فوز 170 / 190 / 191 / 192
فيراسير كولي 256	فوس 331 / 543
فيروني 726	فوسل 730
فيسنس 665	فوستر هويار 779
فيستين 726	فوش 123
فيغاني 207 / 208 / 252 / 473 / 552 /	فوشر 706
فيك دازير 675	فوك 188 / 589
فيليب ميلانكون 38	فوكلين 594
فيلاش كارانتي 140	فوكانسون 653
فيليب الثاني 154 / 179 / 780 / 781 /	فوكيه 684
فيليو فينيلا 167	فولتر كواتر 159 / 182 / 184
فيليو ساميتوي 169	فولكامر 433
فيلون 181	فولتير 460 / 463 / 504 / 507 / 518 / 519 /
فيليب دي لاهير 242 / 322 / 425 / 495 /	734 / 733 / 639 / 543
500 / 499 / 496	فولتا 669 / 687
فيليب لانس برج 317	فولغا 729
فيلفورد 372	فولفيك 733
فيليو برونلش 494	فونتينل 304 / 371 / 432 / 459 / 480 / 732 /
فيلون البيزنطي 556	733
فيليب بينيل 683 / 688	فونتانا 318
فيلار 713	فونتين 477
فيلغتون 773	فونك 593

ف . فالتين 723	فيليب كومرسون 784
ف . فيلو فرنكو 785	فيليب بواش 787
ف . كول 413	فيتا ثوريوس 37
ف . كوياني 434	فينس 190
ف . كافاليني 434	فينيل 597 / 608 / 613 / 722
ف . ج : كاموس 510	فيتا 23 / 24 / 25 / 38 / 191 / 507 / 598 /
ف . كاسيورولو 542	719 / 694 / 685 / 667
ف . كارتوزر 719	ف . و . اويل 487
ف . ش . لسر 703	ف . بوناميكو 271
ف . مسير 687	ف . برونو 400
ف . مولر 715	ف . يوناني 429
ف . هاسليكيت 722	ف . ج . ف . بروسي 680
ف . ويرز 174	ف . بيرار 682

- ق -

القاهرة 126	ف . دي بوم 254
القدس 126	ف . ديكز 419
القرويني 193	فر . دبنويون 494
قسطنطين فاروليو 158	ف . دوناتي 713
قسطنطين الأفريقي 163	ف . ريدي 396
قسطنطين هويجن 280 / 208	ف . ريكاكي 497
القسطنطينية 210 / 435	ف . زعنز 434
قطاي 169	ف . سلفيوس 414
	في . سيسي 434
	ف . سولانو 684

- ك -

كابو 70 / 355 / 363 / 364 / 367 / 369 /	ف . ل . ج . سولاريس 692
570	ف . شاروجي 688
كاب 530 / 531 / 535	ف . شوبارت 691
كابانيس 646	ف . ج . غال 688
كابراي 772	ف . غرونو فيوس 720
كاب بريون 775	ف . فابري 174
	ف . فولي 421
	ف . فيك دازير 694

كالفن 163 / 167	كاتالدي 255
كاليفورنيا 531 / 771 / 780	كاتيلان 295
كالداني 668	كاترين الكبرى 457
كاليدونيا الجديدة 723 / 724	كاترين الثانية 470 / 476 / 696 / 729
كامبانوس 21 / 23 / 49	كادا موستو 197
كامبيل 126	كاد والادر 791
كامبريدج 209 / 259 / 277 / 291 / 297 /	كارلسباد 124
298 / 324 / 422 / 430 / 469 / 503 /	كارت ميرغل 149 / 657 / 661 / 662 / 715 /
793 / 794	716
كامل 436	كاري 473 / 550
كامبر 672 / 738	كاربوليس 512
كامشكا 696	كارل فردريك ونزل 615 / 617
كامبراريوس 714 / 715	كارل ليناس 707
كامالكار 766	كارل فون لينبي 707
كانونيك 69	كارولينا الجنوبية 720 / 792 / 793
كانانو 152 / 158	كارولينا 720 / 721
كاندي 435	كارلوس ميغزتا غوتغور 778
كانتون 723	كاسيوس 124
كانغ هي 751 / 752 / 753 / 755	كاستر 239
كاو تسونغ يوتنغ يي تسونغ 756	كاستلي 256 / 433
كايس 179	كاسيني 316 / 320 / 321 / 326
كايي 482	كاسغرین 326
كايرو 504	كاسبار سكوت 375
كايان 529 / 530 / 532	كاستيلون 496
كبلر الثالث 525 / 529	كاسيني دي توري 530 / 533 / 534
كتالوني 432	كاسيني الرابع 534
كراكوفيا 38 / 69	كاسيس 700
كراتوفون كرافت هيم 170	كاسبار شانجرجن 761
كرايزاتو بلوني 180	كاغواجين تسو 759
كرايتري 321	كسافاليري 220 / 234 / 235 / 242 / 249 /
كرامر 484 / 699 / 714	250 / 251 / 253 / 256 / 263 / 264
كرستانوس 411	كافانيل 712 / 713
كركونغ 401	كاليب 67

کلود بیرو 442	کرمینا 652
کلود برنار 460 / 661	کرم جنرلي 726
کلود جوزيف جيوفروا 591	کروستند 593 / 739
کلود لوکات 653 / 661	کريستوف رودولف 42
کلود ريشار 722	کريستوف کلافيوس 52 / 53 / 59
کلود 737	کريستوف روٿان 78 / 88
کليان 70	کريستيان اورستين 78
کليان الرابع 82 / 150	کريستيان الرابع 91
کليرمون 124 / 733	کريستوف کولومب 169 / 195 / 357 / 368
کليان السابع 176	510 / 511 / 573 / 577 / 581 / 584
کليرمون قران 210 / 286	771 / 775 / 777
کليرسليه 281 / 290	کريستوفال اکوستا 179 / 197
کليفورد ويل 427	کريستوف بلاتين 189 / 190
کليرو 469 / 476 / 477 / 478 / 479 / 481	کريستيان هويجن 208 / 232 / 398
493 / 499 / 508 / 510 / 518 / 521	کريستين 211
527 / 528 / 533 / 538 / 542 / 613	کريستوف شاپير 316 / 440
کليفورد 708	کريستوف غلازر 376 / 773
کمبانوس 54	کريستوفر ورن 421
کنتان 178	کريستوف نوت 432
کتون 753	کريل 609
کندا 720 / 774 / 775 / 776 / 786 / 787	کري 713
788	کزيلاندر 53 / 240
کواتر 168	کسبار توريلا 171
کوانغ تونغ 753	کلافيوس 81 / 83 / 239 / 240 / 263
کوينباغ 88 / 91 / 438 / 446 / 520 / 690	کلادي 552
442	کلاري دي لاتورت 718
کوبولنس 128	کلنجستينا 541 / 542
کوبر 655	کلوزيوس 171 / 184 / 786
کوباياشي کانيسادا 760	کل . رويوت 185
کوت 478 / 496	کلود دوبل 222
کوتنجن 694	کلود ميلان 317
کوتون مائر 790 / 792 / 795	کلود بيرولت 407 / 408 / 413 / 424
کوتبرت تانستال 56	کلود دايغيل 435

کولینسون 578	کودر 321
کولروتر 635 / 705 / 706 / 714 / 715	کودنیلوس آغریا 15 / 180
کولن 677 / 680 / 688	کودتیوس تروجانوس 103
کولومبیا 782 / 795	کورنارو 170
کومانلینو 37 / 51 / 56 / 494 / 556	کورنیل سونت 185
کومتاریولوس 70	کورودس 190
کومرسون 697	کورنلیس دی ورد 279
کومیر 784 / 785	کورنالیس دریل 375
کونیکسبرگ 25	کورودی لاشامیر 400
کونستروکسیو 59	کوردمو 406
کونستانس 83	کورسیکا 433 / 434
کونراد غسئر 188	کورت 487
کونشوپلہ 240	کورنو 672
کوننی 265	کورنی 718
کوننیہ نیس 322	کوزین 94 / 99 / 104
کونت 477	کوزان 606
کوندورسیہ 49 / 492	کوسیو 19
کوندیایک 493	کوس رودولف 44 / 45
کونینگ 507	کوستابل 271
کونامس 575	کومت 341 / 343 / 350
کونراد برشوس 610	کوسونگ لو 755
کونبیر 734	کوشی 251 / 475 / 481 / 482 / 485
کونف کي هان 756	کوغلر 750 / 751
کونفو شیوس 756	کوفیه 182 / 625 / 703 / 734 / 738 / 796
کوندامین 782	کوفمان 256
کومبر 38 / 57	کوک 722 / 724 / 782 / 794
کیان لونگ 750 / 752 / 757	کولیشو سالونائی 14
کیانغ سو 753	کولونیا 113 / 176 / 313
کیپر 189	کولومبر 157 / 159 / 160 / 400 / 402
کیک 774 / 788	کولونا 198
کیری 303	کولیر 210 / 307 / 320 / 774
کیروان 383 / 615 / 616	کولو 419
کیل 654 / 671	کولیور 533

668 / 655 / 652 / 650 / 649 / 646

783 / 714 / 700 / 672

لامس 496

لاستون 618

لاسييد 702 / 700 / 696

لاستار 726

لاسال 774

لاسينا 783

لاغونا 165

لاغرانش 477 / 475 / 470 / 469 / 241

483 / 482 / 481 / 480 / 479 / 478

498 / 489 / 488 / 487 / 485 / 484

514 / 513 / 512 / 510 / 505 / 499

649 / 550 / 528 / 526

لاغني 485

لاغليش 53

لافونتين 406

لافيتو 737

لاكروا 469

لاكاي 552 / 530

لاكوندامين 533

لاليرير 258

لالا 766

لامي 406

لامبت 448

لامبيري 715 / 609

لامارك 723 / 710 / 707 / 706 / 696 / 609

لانغدوغ 134

لانك 168

لاندن 477

لانغلوا 519

لاهاي 702 / 197 / 57

لاهير 766

كين 377

كين كيان 756

كيوتو 760

ك . بيرو 395

ك . آ . برغن 674

ك . دويل 556

ك . غاستيرويود 398

ك . ميلن 723

ك . هيرن 683

ك . ويسل 486

ك . ف . وولف 714

- ل -

لابزوير 221

لابوني 713 / 708 / 534 / 533 / 508 / 433

لابلاس 476 / 471 / 470 / 469 / 463

490 / 487 / 482 / 481 / 478 / 477

527 / 526 / 524 / 512 / 492 / 491

564 / 563 / 560 / 531 / 529 / 528

648 / 645 / 606 / 605 / 566 / 565

لابيروي 690 / 665

لابياردير 723

لاتران 83

لاديلاس السادس 24

لاروشل 732 / 669

لاروك 722

لارسيدا الجدا 784

لازارينوس اركر 128

لازارينا 176

لازار ريفير 416

لازار كارنو 512 / 511 / 496

لازارو سبالانزاني 643 / 639 / 638 / 637

لورد كلفن 561 / 587	لروا 537 / 626
لورنتر 577	لفييه 434
لوراغي 619	لكسيل 487
لورنبرغ 619	لندن 56 / 79 / 165 / 185 / 195 / 209 / 257 / 319 / 321 / 323 / 328 / 354 / 392 / 415 / 431 / 469 / 474 / 475 / 490 / 491 / 325 / 578 / 635 / 654 / 721 / 724 / 775 / 789 / 791 / 690
لوري 665	793
لوران 709 / 713	لندمان 487
لوزان 479	لندي 737
لوش نس 448	لنسيزي 689
لوشي لن 756 / 757	لنشوتن 197
لوغان 790 / 791	لنغرينوس 318
لوفان 43 / 164 / 175 / 189 / 371 / 422	لهان 730
لوفر 178 / 322	لوبل 189 / 191 / 192
لوفريه 528	لوبيتال 268 / 269
لوفلان 708	لوباتسيفكي 494
لوقا فاليريو 249	لوثر 12 / 44 / 81
لوكا بامبولي [لوقا] 22 / 28 / 29 / 31 / 32 / 33 / 34 / 35 / 36 / 37 / 46 / 48	لوجون ديريكلي 480
56 / 54 / 49	لوجنتيل 531
لوكا دي برغو سبولكرو 31	لودلف فان سولن 233
لوكا غوريكو 37	لودوغ 708
لوكاس وازلرود 69	لودويغ 712
لوكسي 124	لودولف 796
لوكاس شرون 185	لورين 123 / 185
لوكاغيني 188 / 194	لورانس فريز 153
لوكرس 220 / 333 / 578	لورانز فري 164
لوكلرك دي بوفون 624	لورنسو دياز 179
لوكات 662	لورانزو 185
لوليس 484	لورانزو بليني 413
لومبار 315	لوران دولاهير 242
لومو نوصوف 739	لورد برونكر 255
لونغو مونتاتوس 91 / 317	لورنزو جبرقي 494
لونيسر 183 / 184 / 186	
لونزيوس 263	

/ 292 / 291 / 277 / 269 / 268 / 267	لونج دولك 432 / 436
/ 440 / 409 / 306 / 305 / 304 / 295	لويجي ليلو 83
/ 471 / 470 / 469 / 446 / 445 / 444	لويس فيفس 96
/ 478 / 476 / 475 / 474 / 473 / 472	لويز كورنيل 96
/ 499 / 489 / 485 / 484 / 482 / 479	لويس لويبرا دافيللا 163
/ 526 / 518 / 513 / 507 / 506 / 504	لويز دوري 164
/ 667 / 645 / 548 / 547 / 545 / 543	لويس دي غريناد 167
734 / 732 / 715 / 712 / 705 / 672	لويز فيلالوبو 171
/ 211 / 195 / 87 / 71 / 38 / 28 / 25	لويس لوني 172
713 / 694 / 472 / 445 / 438	لويز دي غومارا 179 / 197
لييلوس 39	لويس الرابع 208
ليبرودي اباكو 46	لويس الرابع عشر 242 / 307 / 320 / 322 /
ليبا فيوس 595	417 / 434 / 437 / 767
ليبولت 195	لويز بورجوا 420
ليبر 335	لويس ليمري 437 / 562 / 594 / 641
ليبا فيوس 128	لويس الثالث عشر 437
لينغ 646	لويد 443 / 448
ليبولد اونبروجر 684	لويس الخامس عشر 458 / 720
ليبر كون 695	لويس الكبير 458
لي تشي تساو 751	لويس السادس عشر 477 / 718
/ 476 / 471 / 470 / 469 / 437	لويس بروغلي 548
/ 489 / 487 / 482 / 481 / 479 / 477	لويس الخامس 710
494 / 493	لويس بورجي 727
لي جوي 757	لويزيانا 774 / 775 / 787
ليدو فيكو فراري 47	لويس بورغ 775
/ 422 / 290 / 195 / 191 / 61 / 58 / 57	لويس فليو 786
/ 575 / 574 / 560 / 517 / 442 / 438	لويس هانتي 786
/ 646 / 612 / 610 / 582 / 579 / 576	لويس اغاميز 795
791 / 694 / 685 / 676 / 668	لياج 123 / 249
ليدو غلروي 94	ليبنيز 8 / 23 / 127 / 204 / 209 / 220 /
ليدي 612	221 / 222 / 223 / 224 / 226 / 240 /
ليدي مونتاغو 686	243 / 245 / 249 / 254 / 256 / 257 /
ليدر مولر 700	258 / 260 / 262 / 264 / 265 / 266 /

ليوي جيرونڊ 100	ليري 783
ليونارد فوڙ 189	ليستر 443
ليوتود 263 / 363	ليسل 608
ليون برونشفيڪ 290	ليشيوٽ 57 / 772 / 773 / 784 / 785
ليوننڱ 346	ليغالوا 669
ليوباتيسٽا البرقي 494	ليفي بن جرسون [البتاني] 21 / 25 / 26
ليونوي 639	ليفربول 319
ليوبولد فون بوش 731	ليفاسور 787
ليوسونڱ لينڱ 754	ليما 777
ليونار هور 794	ليناڪر 165 / 166
ل . ج . بوك 188 / 189 / 192	ليني 190 / 191 / 193 / 423 / 424 / 427
ل . بلوش 347	432 / 433 / 435 / 623 / 624 / 625
ل . بلوڪٽ 432	626 / 627 / 685 / 698 / 699 / 700
ل . بورغي 717	702 / 705 / 706 / 707 / 708 / 709
ل . بفيسٽر 753	712 / 713 / 715 / 717 / 719 / 720
ل . جوڀرت 166	722 / 723 / 732 / 739 / 782 / 786
ل . جنجر مان 195 / 433	790 / 791
ل . ج . جونستون 701	لينڪولن شاير 325
ل . جوڀي 786	لينوٽر 437
ل . راوولف 196	ليونارد دافشي 8 / 12 / 15 / 18 / 19 / 22
ل . رونفي 671	34 / 35 / 36 / 56 / 64 / 66 / 67
ل . فريش 695 / 702	68 / 94 / 95 / 97 / 98 / 99 / 100
ل . لياغر 653	101 / 104 / 109 / 119 / 120 / 121 / 138
ل . ماشيرون 495	145 / 149 / 152 / 160 / 167 / 182
ل . ج . مونيه 576 / 720	184 / 188 / 327 / 335 / 394 / 407
ل . ف . مرسيفلي 699 / 700	439 / 494
ل . هيسٽر 674 / 691 / 712	ليونارد دي بيزا 21 / 27 / 30 / 31 / 32 / 61
	ليون 29 / 31 / 54 / 55 / 164 / 165 / 166
- ه -	178 / 192 / 194 / 195
مايوس 438	ليونارد دغجز 79
ماينوريو تاڪو 761	ليونهارڊ تارنيسر 123
ماتورين ڪورديير 12	ليون نيسينو 164 / 165
	ليون العاشر 176 / 185

429 / 431 / 632 / 655 / 669 / 670 /	ماتياس كورفن 25
790	ماتيو بلاستارس 83
ماري هال هوا 375	ماتيز بوس 128
مارتان ليستر 396 / 444	ماتيو لي 173 / 787 / 188
مارلياني 407	مات فافور 378
ماريا نوسانتو 419	ماتر لينك 533
مارشان 425	ماتيو ريني 749
المارتينيك 434	ماتورة 767
ماريا غاتانا أغنيزي 471	ماتر 791 / 792
مارولوا 494	ماجلان 179 / 564
مارات [مارا] 543 / 544	ماجوندي 669
مارلي 581	ماديرا 197 / 772
مارغراف 592 / 593 / 594	مادو 422
ماري آن بولز 602	مارسيل فيسين 14 / 17 / 166 / 173
ماري فرانسوا زافيه بيشاب 673	مارك انتونيو دلاتوري 67 / 149
ماران كورودي لاشامبر 688	مارتيانوس كابلا 72
مارشال 690	ماركوس ماسمي دي كرونلاند 101 / 281 /
مارتيني وشا مينيز 701	335 / 294 / 293
ماركت بوشوز 713	مارتان رولان 124
مارتينز 713	مارغريت دي نافار 124 / 186 / 722
مارك كاتسي 695 / 720 / 791	ماربود 126 / 173
ماركوس جوزي سلفادو 780	مارفيف 164
مارتن دي لاکروز 781	مارتن دل بارکو 197
ماري فيكتورين 786	ماران مرسين 208 / 210 / 211 / 213 / 214 /
ماري 794 / 795	215 / 220 / 252 / 253 / 276 / 277 /
مارلي لافيل 796	280 / 281 / 285 / 286 / 295 / 550 /
مازاران 209 / 210	552 / 557
ماغي 174 / 207 / 211	ماسريوت 288 / 289 / 292 / 294 / 299 /
ماغيلون 175	350 / 408 / 410 / 424 / 425 / 426 /
ماغنول 430 / 433 / 710	540 / 561 / 562
ماکو 176	ماريوس 318
ماکسيميليان الثاني 191	مارسيل مالبيجي 328 / 396 / 398 / 403 /
ماکر 383 / 563 / 592 / 593 / 594 / 605	410 / 424 / 425 / 426 / 427 / 428 /

مركاتي 121	609 / 608
مركاتور 357	ماكسويل 585 / 584
مزوي 172	ماكبريد 598
مسكاني 673	ماليتر 189
مسين 52	مالبرنش 220 / 219 / 216 / 215 / 204
مسينو 95	221 / 222 / 223 / 225 / 226 / 292
مصر 120 / 179 / 196 / 197 / 393 / 417	293 / 337 / 338 / 341 / 349 / 350
722 / 435	352 / 472 / 543 / 547
مغنوس هرنلدت 153	مالطة 315 / 433 / 434
مكسيميليان 38	مالفوازين 321
مكسيم بلاتود 41	مالابار 435
المكسيك 171 / 434 / 771 / 779 / 781	مالغاني 470 / 496
782 / 783	مالوس 547 / 796
مكسيكو 179 / 434 / 777 / 778 / 779	مانويل كرينزولورا 13
781 / 782	مانتو 47
مكلورين 475 / 476 / 480 / 481 / 490	مانغولي 256
496 / 497	مانزل 436
متفتا 152	ماهودل 737
مندل 706	مايانس 176
منسرات 165	مايرسون 226
منشيوس 756	مايرن 411 / 538
موافر 478	مايو 595 / 647
مواترل ديليمون 597	المجسطي 21 / 24 / 25 / 37 / 64 / 65 / 66
مويرتوي 425 / 470 / 504 / 506 / 507	80
513 / 533 / 534 / 548 / 629 / 630	المحيط الهندي 464
634 / 635 / 707	ملريد 97 / 780 / 782 / 783
موت 518	مدسيس 164 / 207
موتوكي ريو 761	مدغشقر 435 / 722 / 723
مودين 157 / 182	مديكومس 721
موريس دي ناسو 57 / 60 / 114 / 312 / 784	مراكش 406
موريو 420	مرالدي 552
موريون 431 / 437 / 732	مرسيليا 278 / 685
مورلان 552	مرغريتا فيلوسوفكا 41

ميريل 714	موريس ناموسين 773
ميري لاند 707 / 720	مورياس 774 / 786 / 787
ميزيوم 188	مورتون 794
ميسني 125 / 471 / 500	موزامين 169
ميسون 447	موزارت 461
ميشيل ستيفل 42 / 43 / 44 / 45 / 51 / 53 /	موسي 16
234 / 54 / 55 / 56 / 60	موسكوفيا 178
ميشال ماستلين 78 / 80 / 81 / 89	موسكو 694
ميشال ساغونارول 123 / 473	موشن بروك 504 / 540 / 585 / 588 / 647
ميشال دومرنتاني 124	مونبليه 12 / 148 / 151 / 158 / 164 / 175 /
ميشال سكوت 167	176 / 190 / 191 / 195 / 411 / 415 /
ميشال هر 185 / 185	416 / 431 / 433 / 665 / 670 / 671 /
ميشال صرقت 402	681 / 682 / 687 / 690 / 692 / 694 /
ميشلي 457 / 714	713 / 732
ميشال مانفريد 470	مونيتا كوندرا راسبوني 70
ميشال دي لالاند 530 / 535	موندينو دي لوزي 148 / 150
ميشال اداتسون 624 / 710 / 722	موندفيل 173
ميشال ماركانتي 447 / 737	مونتيه 173
ميشال سارازين 720 / 786	مورنارد 179
ميكل انج 152	مونيليار 791
مي كو تشنغ 755 / 756	مونتي بالدو 192
ميلا نكتون 44 / 81	مونتكلا 246
ميلان 47 / 149	مونتا غوهوس 448
ميلانو 48 / 97 / 149 / 652	مونتا 460
ميلر 790	مونتمور 478
مينيلوس 26 / 37	مونغولفيه 605
مينيتري 718	مونيه 606 / 796
ميناس جيراس 773	مونت 721
ميونخ 28 / 189	مونريال 774 / 788
مي ون تن تنغ 755 / 756	موزير شاراس 413
م . آسفيرينو 394 / 419	ميئون 83
م . اقولر 421	ميشل 791
م . ب . اسكولت 439	ميدورج 242

نافار 124
 ناکان جنګي 761
 نانت 321
 نانت شنگ 753
 نانګین 753
 نرتشک 750
 نرسیمحا 766
 نروج 713
 نصیر الدین الطوسي 493 / 25
 نفغور غریغوراس 83
 نقولا دي کوي 8 / 21 / 22 / 23 / 24 / 28
 / 35 / 36 / 44 / 45 / 54 / 63 / 64 / 66
 / 67 / 68 / 77 / 83 / 85 / 93 / 94
 / 95 / 99 / 160 / 217 / 218 / 285
 407 / 425
 نقولا شوکيه 28 / 30
 نقولا کوسرنیک 12 / 15 / 17 / 19 / 22 / 38
 / 64 / 66 / 67 / 68 / 69 / 70 / 71
 / 72 / 73 / 74 / 75 / 76 / 77 / 78
 / 79 / 80 / 81 / 84 / 85 / 86 / 87
 / 88 / 89 / 91 / 94 / 203 / 217 / 272
 / 274 / 283 / 307 / 308 / 309 / 311
 312 / 313 / 315 / 316 / 317 / 459
 نقولا شومبرغ 70
 نقولا ریوز 89
 نقولا دوریو 148
 نقولا سالارینتانوس 170
 نقولا هول 170 / 195
 نقولا ستینون 395 / 410
 نقولا تولب 395 / 419
 نقولا سوندرسن 469 / 474
 نقولا برنولي 470 / 490
 نقولا مونارد 781

م . آیینوس 587 / 588
 م . بلاتاریوس 194
 م . ج . بورمان 419
 م . بوام 436
 م . ج . بریسون 583 / 698 / 699 / 702 / 703
 م . آ . بلنسي 674
 م . بايي 675
 م . ي . بلوخ 702
 م . ج . جان دي کريف کور 720
 م . روث 147
 م . ریزیلیوس 406
 م . سیلفاتیکیوس 194
 م . ستیوارت 494
 م . ستول 685
 م . سيسي 782 / 783
 م . شول 214
 م . غیلاندينو 197
 م . د . غرمیک 403
 م . ب . فالتي 723
 م . آ . لومونوستوف 604
 م . مريان 718
 م . هوفيان 433

- ن -

ناسولي 52 / 119 / 148 / 158 / 168 / 169
 394 / 656
 نابليون 477 / 772
 ناراسيو سيکوندا 80
 ناراسيو 313
 نارینون 473
 ناغازاکي 760 / 761

نيكاندر 165	نكشائرا 767
نيكولا 172	نمزوس 160
نيكوميد 248 / 240	النسا 192 / 676 / 691 / 712 / 713 / 719
نيكولا مركاتور 256	النسا السفلى 699
نيكولو زوكي 318	نيميا غرو 395 / 424 / 427 / 428 / 429 / 431
نيكولا ليميري 376 / 377 / 413	نوبرجر 646
نيكير لوفيفر 375 / 378	نوتردام 175
نيكولا بليني 422	نوتردام دي كليرمون 287
نيكر 713	نورمبرغ 21 / 25 / 38 / 39 / 44 / 49 / 65 / 69 / 70 / 71 / 185 / 195 / 263
فيل ستينسين 395 / 442	نورمانديا 177 / 774
نيمس 736	نورو جنجو 762
نيورث 166 / 732	نومناد 81
نيو كروتويخ 188	نوفافا 79
نيويورك 720 / 791 / 792	نوفاميانا 101 / 103 / 104
نيوشاتل 727	نولييه 552 / 574 / 575 / 581 / 637 / 668
نيوغتون غرين 793	687 / 697
ن . اندري 674 / 691	نونيديا 722
ن . آ . بلوش 703	نونز 60
ن . بورسن 723	نونكين 436
ن . جوليكرك 718	نونغ تشنغ سيوان شو 754
ن . دوشين 712	نوبل دي فاي 151
ن . آ . رشي 434 / 781	نير 243 / 244 / 254
ن . مريات 716	نيدهام 639 / 642 / 643
ن . شيرون 723	نيقول اورسم 21 / 27 / 68
ن . فاتيو دي دولي 473	نيقوماك 31
ن . كرانتر 712	نيقولا ماسا 150
ن . ليرنسينو 166	نيقولا مارشان 433 / 434
ن . موناردس 197	نيقولا ديماري 734
ن . موهر 697	نيكول تارتغليا 15 / 19 / 37 / 43 / 46 / 47
ن . هيمور 410	234 / 48 / 49 / 51
	نيكلس 128
هامل 536 / 537	

هرون 37	هرمان بورهاف 675 / 708 / 720
الهارز 139 / 713 / 729	هرنانديز دي اوفينواي فالديز 197
هارون الاسكندري 215	هسكاسل 78 / 88
هاربوت 234 / 236 / 238 / 255	هسغراز 615
هارتسوكر 401	هفليسوس 211 / 316 / 318 / 319 / 321 /
هاريسون 520 / 537	790 / 519
هارلي 686	هفين 90 / 211
هاروما 758	هلمهولتز 552
هارفرد 793 / 794	هلووت 593
هاسبورغ 69	همبرت 212
هامبل كيت 708	همبرغر 647
هانشيت 499	همس كاسل 90
هالي 318 / 325 / 381 / 469 / 525 / 526 /	همستيك هال 654
527 / 531 / 535 / 558 / 794	هملي 542
هالر 641 / 646 / 647 / 649 / 650 / 655 /	هنريت 318
660 / 661 / 662 / 663 / 665 / 666 /	هنتشي 156
669 / 670 / 677 / 678 / 679 / 681 /	الهند 169 / 197 / 393 / 435 / 457 / 593 /
707 / 708 / 791	648 / 697 / 699 / 722 / 723 / 728 /
هالز 646 / 705 / 706 / 707	749 / 765 / 766 / 767 / 768 / 771 /
هال 672 / 694	775
هامبورغ 423 / 562 / 594	الهند الشرقية 169 / 179 / 195 / 197 / 435 /
هاملتون 548	436 / 697 / 723
المانس التوتونية 139	الهند الغربية 179 / 197 / 771 / 777
هانس رودولف مانويل دوتشن 185	هندريك فان هوارت 257 / 258
هانس اسبر 185	هنري بلنجلي 56
هانز ويلز 188	هنري الثاني 124 / 178 / 183
هانوفر 211 / 318 / 445	هنري الثامن 149
هانري فان هيفنتر 420	هنري اتيان 164 / 195
هانتيان 683	هنري الثالث 178
هانو كاشيسو 761	هنري الرابع 178 / 436 / 437 / 774 /
هلوينغ 713 / 714	هنري مور 297 / 298
هرمز تريسميجيت 16	هنري رينان 321
هرمان غريم 435 / 436 / 505	هنري غيرلاك 375 / 603

هولبورن 195	هنري كافنديش 169 / 383 / 573 / 583
هولستين 256	584 / 585 / 586 / 587 / 588 / 598
هولندا الجديدة 436 / 697	599 / 605 / 608
هولنبو 488	هنري فوكيه 670 / 681
هولباخ 738	هنريك كاليسن 690
هوميروس 165	هنري لويس دوهاميل دومونسو 691 / 702 / 788 / 786 / 718
هويجن 36 / 204 / 223 / 225 / 245 / 249	هنز سلوان 721
254 / 255 / 256 / 257 / 258 / 263	هنشو 427
264 / 275 / 276 / 281 / 288 / 292	هنگاريا 24 / 25 / 139 / 168 / 699
293 / 294 / 295 / 296 / 299 / 304	هنكي 783
305 / 306 / 319 / 320 / 322 / 325	هوانغ هو 458
326 / 328 / 329 / 331 / 334 / 337	هوبز 215 / 281 / 296 / 297
339 / 340 / 341 / 342 / 344 / 350	هوتان 127
352 / 355 / 363 / 365 / 366 / 402	هوتن 441 / 725 / 730 / 731
408 / 441 / 446 / 472 / 490 / 491	هود 249 / 256 / 484
506 / 507 / 508 / 509 / 513 / 518	هوروك 319 / 321
520 / 532 / 537 / 545 / 547 / 551	هوراس بنديكت دي سوسور 713 / 714 / 728
559 / 567 / 569 / 576 / 741 / 790	729 / 735
هوي 446 / 739	هوسكين 706
هواشي كيبي يامون 760	هوشنر ريونسو 761
هواشي شيهي 762	هوشي بزي 761
هيوكرات [ايبوقراط] 16 / 36 / 41 / 134	هوفناجل 185
163 / 164 / 165 / 166 / 168	هوفان 658 / 677 / 678 / 714
هيسبيكلس 54	هوكسي 551 / 570
هيجنس 620	هوكسن 737
هيد لبرغ 38 / 172 / 422	هوكن 775
هيراقليد دوبرن 72	هولندا 57 / 194 / 207 / 208 / 210 / 227
هيرون 93 / 549 / 566	315 / 321 / 327 / 408 / 417 / 418
هيرودموت 120 / 121 / 439	420 / 422 / 432 / 433 / 437 / 504
هيراقليط الايفيزي 332	686 / 690 / 695 / 708 / 719 / 720
هيرون الاسكندري 556	723 / 724 / 757
هيزر 157	مولين 184
هيسيتاس 72	

هستوريا ستيريوم 188	والف المنشور منغانتو 755
هستر 708	واندسبك 91
هيكث 650	وحدرد 443
هيلوغ 553	ورقبرغ 308 / 191
هيل 718	ورترز 619
هـ . بترفيلد 205	ورجونتين 530
هـ . بنرتون 475	ورنر 52 / 128 / 257 / 725 / 729 / 730
هـ . برنار متر 752 / 757	731 / 739
هـ . جرسلدورف 174	ورن 292 / 294 / 299 / 469
هـ . ديون 474	ورنغ 497
هـ . آ . ريسبرغ 674	وغنر 27
هـ . رويز 782	ولتر رالي 775
هـ . ي . سيجريست 147	ولدرستاد 308
هـ . د . غوب 678	ولستورب 324
هـ . غوثيه 736	ولشن 668
هـ . فان ريد دراكنستين 435	الولايات المتحدة 464 / 776 / 788
هـ . موثن 438	وليم جيلبرت 11 / 80 / 192 / 204 / 208
هـ . هاغينوت 689	215 / 216 / 217 / 219 / 225 / 226
	297 / 354 / 355 / 356 / 357 / 358
	359 / 360 / 361 / 362 / 363 / 364
	365 / 366 / 367 / 368 / 455 / 572
	574 / 713 / 718 / 719 / 790
واتون 179	وليم ترنو 195
وادي نهر البو 104	وليم هارني 11 / 157 / 204 / 206 / 209
وادي نهر الرين 139	401 / 402 / 403 / 409 / 410 / 440
وادي نهر الدانوب 139	646 / 653 / 790
وادي نهر الموز 139	وليم هرشل 326 / 538 / 541
وارمي 69 / 71	وليم بارلو 353
وارسو [وارسو] 211 / 513	وليم بورو 357
واليس 252 / 253 / 256 / 258 / 264 / 292	وليم واطسون 576 / 578 / 581
294 / 299 / 405 / 406 / 416 / 485	وليم لويس 593
549 / 656 / 657 / 663 / 664 / 665	وليم شيلي 600 / 601
667 / 798	وليم كولن 679
والاس 487	

- ٩ -

و . سوارتر 713
و . شيسلند 674 / 673
و . غوته 543 / 544 / 545 / 714
و . فون غوردريك 86 / 540 / 556 / 578
و . فونتالباني 438
و . فريسيوس 700
و . ف . مولر 642 / 699 / 700 / 701
و . نيل 258
و . نوبل 549
و . هوو 433
و . هلسون 713
و . هووستن 720
و . ويشان 565
و . وايستون 731

- اي -

البيان 417 / 435 / 436 / 749 / 757 / 758 /
760 / 761 / 762 / 763
ياداياسوسي 758
يادو 760
يال 793 / 794
يسوعيون 777
يعقوب كرمونا 37
ينا 438 / 713
ينغ تشو 757
يراكيم كاميراريوس 195
يوحنا الثالث والعشرين 83
يومي كيان 756
يوفون كالب 441
يوليوس قيصر 82
اليونان 196 / 435 / 686 / 722
يونغ 539 / 547

وليم هنتر 690 / 691
وليم ويلدونغ 693
وليم سميت 731 / 794
وليم داميه 784
وليم وود 789
وليم بن 790
وليم 794 / 795
وتر 609
ونغ مي تشان 754
ونغ نداكر 789
ويتبرغ 38 / 71 / 196 / 316 / 713 / 723
ويتلو 43 / 234 / 254
ويدد 437
ويرستراس 481
ويستون 503
ويسترومب 609
ويشل 164
ويغلب 609
ويلبالد بيرك هابير 25 / 38
ويلبرورد سنيل 61 / 234 / 330
ويللوفني 393 / 394
ويل هلم فابري 419
ويلكي 565
ويلنا 694
ويلسن 695 / 796
ويلز 732
وينسلو 641 / 663
و . ايتون 719
و . بيزو 435
و . جونس 486 / 487
و . دانير 436
و . ت . متيرن 188
و . سمي 692

- ي . اولافسن 697
 ي . اشاريوس 714
 ي . بورتولوقي 50
 ي . بویر 358 / 366 / 369
 ي . ف . جيوفروا 719
 ي . دانتي 494
 ي . غنتر 26
 ي . غينوت 629
 ي . و . فون تشيرنوس 472
 ي . ج . فون كليست 575
 ي . فون بورن 739
 ي . كامبفر 435
 ي . وورنغ 489

فهرست بالرسومات والمجداول

الصفحة	رقم الصورة
40	صورة 1- مصور لمقطع اهليلجي لمخروط دائري من وضع دورر
42	صورة 2- اشارات الجبر الكوسبي سنذا لجبررد دولف: ثابتة ثم المثقلات التسعة الأولى للمجهول
65	صورة 3- القسم النموذجي من العالم عن ارسطو
73	صورة 4- الكون الوسيطى : وصف الدوائر السماوية بحسب بطليموس . أ. فينه نظريات السماوات
74	صورة 5- الكون عند كوبر نيك
86	صورة 6- كون تيكوبراهي (سنذا لفون غوريك التجربة الجديدة)
102	صورة 7- رسمية ثلاثية لمسار القذائف
109	صورة 8- المسقوط المتواقت لأوزان متجانسة سنذا لبنديتي
111	صورة 9- تبين شروط التوازن في ميزان متساوي الذراعين وضعة ستيفن
112	صورة 10- السطح المائل عند ستيفن
112	صورة 11- شروط توازن جسم مرتكز على سطح مائل سنذا لستيفن
113	صورة 12- دراسة الأوعية المتصلة على يد بنديتي
114	صورة 13- تحديد ستيفن للضغط الذي يمارسه سائل معين على قاع الوعاء
198	صورة 14- تشابه شكل أوراق نبتة «البوتريكيوم لوناريا» مع شكل الهلال
246	صورة 15- بناء المماس بقلم فرمات
246	صورة 16- بناء العامود على نقطة التماس بقلم ديكرات
249	صورة 17- مسألة حول المماسات درسها فرمات
253	صورة 18- تربيع روبر فال
260	صورة 19- صورة القاعدة II من مبادئ نيوتن
261	صورة 20- صورة القاعدة IV من المبادئ

صورة 21 - صورة القاعدة VII من المبادئ	261
صورة 22 - صورة التعريف 2 تحليل الأعداد اللامتناهية الصغر	266
صورة 23 - تبين قانون المساحات من قبل كبلر	310
صورة 24 - الانعكاس والانكسار على رقاصة	339
صورة 25 - تفسير ممكن لنظرية المرايض لنيوتن	343
صورة 26 - انحراف بواسطة خيط	344
صورة 27 - انحراف بواسطة مؤشر	344
صورة 28 - انحراف بواسطة شق	344
صورة 29 - تكون الأسود والأبيض بحسب نظرية افلاطون	347
صورة 30 - تأثير الكتلة الكبيرة على اتجاه البوصلة	361
صورة 31 - الشبح المغناطيسي ومخطط تفسيري للمغناطيسية الأرضية	364
صورة 32 - آلة اوتو غريك الكهربائية	369
صورة 33 - بنية الأرض بحسب ديكارت	442
صورة 34 - جهاز تجريبي لبيان إمكانية الاكرمة	542
صورة 35 - انحراف وتفكك الضوء بجوار جسم كثيف	544
صورة 36 - التشتت بحسب رأي نيوتن والانحراف ثم الانكسار بحسب رأي مارا	544
صورة 37 - نموذجان لميزان حرارة وضعتهما اكااديمية سيمنتو نحو سنة 1660	557
صورة 38 - بصمات النباتات المتحجرة	727
صورة 39 - خطوط التحام الامونيات	728
صورة 40 - العدد 90 278 على الصور بان	759

فهرست

الموضوع	الصفحة
المقدمة	7
القسم الأول : النهضة	
علوم عصر النهضة	11
الارث الوسيطى - من العقلانية إلى الفردانية	11
عزلة العالم - علم اجمالي شامل	11
الكتاب الأول : العلوم الحقة أو المحضة	
الفصل الأول : الرياضيات	21
I - يقظة الدراسات الرياضية	21
نقولاً دي كوي وتأثيره - التجديد عند بورباخ - مقلعات رجبو مونتائوس - الكتب الأولى - مثلث شوكيه - مؤلفات باسبولي - ليونارد والرياضيات	
II - القرن السادس عشر : من الجبر اليوناني إلى الجبر الموجز	36
1 - المدرسة الألمانية واصلاح الترقيات	39
العمل الهندسي وعلم المثلثات عند جون ورنر - دورر والرياضيات - لامرغريتا فيلوسوفيكيا - كتب الحساب وتطور الرموز الترقيمية - كريستوف رودولف - مؤلفات متيفل	
2 - المدرسة الايطالية ونجديد الجبر	46
الكتب - الانتاج الجبري في المدرسة الايطالية - الاكتشافات الأولى - تدخل كاردان - الفن الاسمي - المنشورات الأخيرة عند تارتغليا وكاردان - بومبلي وجيره - موروليكو - بنديتي الرياضي - ترجمات كوماندينو - كلافيوس والتعاليم	

- 3- ما قلعت المدارس الأخرى 53
- الاتجاج الرياضي الفرنسي - راموس والرياضيات - بدايات المدرسة الانجليزية - أعمال نونز - سيمون ستيفن - المنشورات الأولى - الكسور العشرية - توحيد فكرة العمل - الأعمال الجبرية عند ستيفن - آخر منشورات ستيفن - .
- الفصل الثاني : الثورة الكوبرنيكية** 63
- I - علم الفلك عند الإنسانيين (علم الهيئة) 63
- علم الكونيات عند كوي - بورياخ ورجيو مونتانيوس - ليونارد وعلم الفلك - نظام الكرات الدائرة حول ذاتها عند فراكا ستورو وأميسي - مبحث كالكانيني - .
- II - كوبرنيك 68
- حياة كوبرنيك - وضع كتاب الثورة - حذر كوبرنيك وتوجهه - مقدمة اوسيندر - أسس النظرية الجديدة - تبسيط الأوالات الكواكبية - تنظيم الحركات الكواكبية - جود الكرة السماوية - دوران الأرض - أهمية الحركة الدائرية المنسجمة - مركز الشمس وصورها - كون كوبرنيك .
- III - انتشار أفكار كوبرنيك 78
- ألمانيا والبلدان المنخفضة وإيطاليا - إنكلترا - فرنسا - بطء الانتشار - العقبات الرئيسية - اصلاح التقويم - العالم اللامتناهي عند برونو - .
- IV - تيكوبراهي 85
- معارضة تيكوبراهي - الأهمية التاريخية لنظامه - الأرصاد الأولى عنده ، تصحيح الجداول - كوكب النופا ومذنب سنة 1577 - مرصد اورانيبورغ - قيمة رصد تيكوبراهي - الغضب عليه وابعاده ثم أعماله الأخيرة - .
- الفصل الثالث : الفيزياء** 93
- I - الفيزياء في القرن الخامس عشر 93
- 1 - نقولا دي كوي 94
- أفكاره وتأثيره على الحركة - ادخال المقاييس في الفيزياء
- 2 - تراث باريس واوكسفورد 95
- الحركة المتسقة التغير والفكر الوسيط - المسألة الفيزيائية في حركة القذائف .
- 3 - ليونارد دافنشي 97
- من التقنية إلى العلم - الستاتيك والآلات البسيطة - ديناميك ليونارد والحركة الملتوية - تسارع سقوط الأجسام ومقاومة الهواء - الصدمة ، الفعل وردات الفعل .
- II - فيزياء القرن السادس عشر 101
- 1 - تارتغليا 101
- العلم الجديد - تصحيحات مهمة
- 2 - التغيرات حول فكرة الدفع 104
- كاردان - بيكولوميني - سكاليجر - بالدي - أحجية سوتو

- 3- بحثاً عن فلسفة رياضية للطبيعة : بنيدتي 106
جان باتيست بنيدتي - المحاولة الأولى - نهاية الاحلال - بنيدتي وانتقاد أرسطو .
- 4- أرخميدس جديد : ميمون ستيفن 110
فصل الستاتيك عن الديناميك - ستاتيك ستيفن ، نظرية المخل - السطح المائل - ايدروستاتيك ميمون - علامة من علامات الوقت .

الكتاب الثاني : علوم الطبيعة

- الفصل الأول : العلوم المتعلقة بالأرض 117
بنية الأرض - تضاريس الأرض وأسبابها - مسألة المتحجرات - الينابيع والمياه الجارية - علم المعادن - التقنيات النجمية والزراعية -
- الفصل الثاني : الكيمياء 129
- I - التطبيق والنظرية الموروثان عن القرون الوسطى 129
اكتساب المعارف عن طريق الممارسة ، التطبيق - نقل المعارف - تدخل الخيميائيين - المذهبون والصاغة - كيمياء التذهيب - تقنيات المزخرفين - الملونات شبه المعدنية والملونات النباتية - الأجسام النبيلة في الكيمياء : المعادن - كيمياء الاملاح - اكتشاف الاسيد - مفهوم الروح - النزعة إلى الوحدة العقائدية -
- II - نهضة الاكتشاف الكيميائي 138
تكاثر وانتشار الكتب الكيميائية - العوامل التقنية والتجارية في تقدم الكيمياء - تأثير التعدين - شخصية باراسلس وتعليمه - الاكتشائية الطبيعية في المعادن - مفهوم المبدأ ، النظرية العلمية - الجوهر - تأثير باراسلس - باميل فالانتين - دروس عملية ، باليسي -
- الفصل الثالث : دراسة الجسم البشري 147
- I - التشريح 147
الثورة التشريحية - التشريح التعليمي ومسألة التراث الغالياني - ليونارد دافنشي وتمهيد - التيار الطبيعي المغالي في إيطاليا - المدرسة التشريحية في باريس - علم الأيقنة التشريحي - فيزال - خلفاء فيزال -
- II - الفيزيولوجيا 158
الفيزيولوجيا عند فرنل - العقيدة القديمة والإيماء الجديد .
- الفصل الرابع : فن الشفاء 163
- I - تطور عقلي وانتشار تعليمي 163
الاصول الميتافيزيكية للمرض - الارث الغالياني اليهودي العربي وحركة الأنسة - بقاء التنجيمية أو الإيمان بالعلوم الخفية -
- II - العلاماتية (السيمائية) وعلم تصنيف الأمراض (نوزولوجي) 168
الفحص العيادي - تشكيل كينونات مرضية
- III - الصحة والعلاج أو التطبيق 169

174	IV - المؤسسات ، الوسط ، ورجال الفن الصحة - الأدوية - الفن الجراحي .
177	الفصل الخامس : الزوولوجيا أو علم الحيوان الطبيب في الترتيب الإجتماعي - البيئة الإجتماعية والآداب .
177	I - الاستلهامات المادية لعلم الحيوان التجربة المنظمة والتقدم في علم الحيوان
178	II - مكتسبات جديدة وإحصاء عالم الأحياء اكتشاف العالم وزواله - المعجمية التقنية والمنهجية - الأساليب التجريبية في التصنيف - المرحلة النهائية :
183	وصف الأعراض والمفهوم الخاص الذاتي وصف الأعراض والمفهوم الخاص الذاتي
184	III - علم الحيوان المصور الوصائل والفنون - القيمة المتفاوتة للرسم .
187	الفصل السادس : علم النبات التصنيف ثم جردة النباتات والمغروسات - بنية النباتات ووظائفها - النبات الطبي - الجنائن النباتية وعلم
187	الزراعة - أوائل النباتين المسافرين .
199	مراجع حول القسم الأول

القسم الثاني : القرن السابع عشر

205	الثورة العلمية في القرن السابع عشر
206	I - الحياة العلمية المثل الإيطالي - الفلاتندر والبلدان المنخفضة - انكلترا - فرنسا - أوروبا الوسطى - من المجموعات الخاصة في
212	II - الطبيعة كتبت بلغة الرياضيات الفيزياء إلى المختبر .
212	أفضلية الرياضيات وأسبقيتها - الفيتاغورية الجديدة .
213	III - إعادة النظر في مفهوم العلم مفهوم الظاهرة أو الحدث - عالم من نمط جديد - الفكر الميكانيكي - تغير القيم - إصلاح الأدمغة .
217	IV - من الكون الكامل الأزلي إلى الكون المتحرك العالم نظام قوي - توحيد الفيزياء السابوية والفيزياء الأرضية - السقوط أو الجلب - العالم له تاريخ .
219	V - ما وراء الإدراك الملاحظات الدقيقة والحرص على الأجزاء العشرية - عالم الميكروسكوب .

- 282 VI - ميكانيكيسم وديناميسم أو الآلية والحركية
الجيوستريّة الديكارتية المسرفة - سكان الفضاء - ليبينز والعودة إلى فكرة القوة - الدينامية عند نيوتن -
مالبرنش - من جيلبرت إلى نيوتن - .

الكتاب الأول : العلوم الرياضية والفيزيائية

- 231 الفصل الأول : من الجبر الرمزي إلى الحساب اللامتناهي
I - تحديد العلوم الجبرية
231 علم المثلثات - الجبر الحرفي - نظرية المعادلات الجبرية - إنشاء الجيومتريا التحليلية .
240 II - تقدم متنوع
التحليل الديوفانتي - فيرمات ونظرية الأعداد - ديزارغ والجيوستريّة الاسقاطية - نير واللوغاريتمية - التحليل
التوافقي والإحتالات -
245 III - وضع الحساب اللاهائي
فرمات : المبادئ الأساسية والمهامات - غير القابلات للقسمة - أهم النتائج الرئيسية - تربيعات روبرفال -
المسألة المعاكسة للمهامات - جون واليس - السلاسل المتلاحقة - هويجن - الرويت - المتطورة والمطورة -
نيوتن - ليبينز - .
271 الفصل الثاني : ولادة علم جديد : الميكانيك
271 I - غاليليه وتأثيره
سقوط الأجسام - حركة المقذوفات - تارجح الرقاص - مقاومة المواد والهيدروستاتيك - عمل توريشيلي -
الأب مارين مرسيني - غاسندي - .
278 II - ديكارت
ديكارت وبيكان - الميكانيك الديكارتية - نظام الكون عند ديكارت - .
285 III - باسكال واستاتيّة السوائل
نقل الهواء والخوف من الفراغ - التجربة الكبرى - البارومتر والآلة الهوائية الماصة ، قابلية الهواء للضغط -
الهيدروستاتيك وطريقة باسكال - .
290 VI - المدرسة الديكارتية
روهولت - مالبرنش - .
293 V - هويجن
قوانين الصدمة وانتقاد ديكارت - في البحث عن مبدأ حفظي - نظرية الرقاص - نسبة الحركة بين غاليليه
ونيوطن - .
296 VI - المدرسة الإنجليزية بين ديكارت ونيوتن

298	VII - نيوتن
	الميكانيك ونظام الكون عند نيوتن - الفلسفة العلمية لنيوتن - نيوتن ضد ديكارت - استقبال نيوتن في القارة الأوروبية .
305	VIII - ليبنتز
	حصيلة القرن السابع عشر .
307	الفصل الثالث : العصر الذهبي لعلم الفلك القائم على الملاحظة
307	I - ثورة مطلع القرن
	خلفاء تيكوراهي - كبلر - غاليليه - غنى العمل الفلكي عند غاليليه - نهاية المناهضين لكوبرنيك -
317	II - ازدهار علم الفلك الرصدي
	المواة - مويمن - المراصد الكبرى .
323	III - الإنجازات الفلكية التي حققها نيوتن
	من المتظار إلى المراصد .
327	الفصل الرابع : ولادة البصريات
327	I - التقنيات التجريبية والنتائج الحاصلة
	الأدوات البصرية في بداية القرن السابع عشر - تقدم التقنيات الآلاتية - المعطيات التجريبية في أواخر القرن السادس عشر - التقدم المحقق في التقنيات التجريبية وفي تفسير النتائج الحاصلة -
331	II - نظريات حول طبيعة الضوء
	الارث النظري الذي جمع بخلال القرن السابع عشر - طبيعة الضوء والنظريات الجسيمية - آراء حول طبيعة الضوء في مطلع القرن - النظريات التي سبقت ديكارت - علم البصريات عند ديكارت - النظرية الارتكاجية عند مالبرنش - ظاهرات الانكسار ونظريات الأثير المرتخف - البصريات النيوتونية وتشتت الضوء - التداخل ونظرية الوصول - الانكسار أو الالتواء - الانكسار المزدوج - النظرية الجسيمية ووجود الأثير -
347	III - نظريات الألوان
	نظريات الألوان في أواخر القرن 16 - الآراء السابقة على ديكارت حول طبيعة الألوان - النظريات الديكارتية - انتاج نيوتن -
353	الفصل الخامس : المغناطيسية والكهرباء
355	I - إنجاز القرن 17 في المغناطيسية
356	1 - تعداد خصائص المغناطيس
	ما قدمت القرون الوسطى - ما قدمه عصر النهضة - ما قدمه القرن 17 -
359	2 - نظريات المغناطيسية
	وليم جيلبرت - بيار ماريكور - كابروكلر - ديكارت ، بويل ، وهويجن -
366	3 - فشل القرن 17 في إدخال القياس في المغناطيسية

368	I - ما قدمه القرن 17 في مجال الكهرباء
371	الفصل السادس : كيمياء المبادئ
371	I - بحثاً عن مبدأ كوني
	فان هلمونت والتجريب - الماء مبدأ مادي - الالكاهست - الغاز - كيمياء الاملاح - النيترو - التضاد بين الحامض والقلوي - كتب الكيمياء - توحيد التسميات أو الجداول - تعريف الاسيدات - مفاهيم روبرت بويل .
380	II - نظرية الفلوجستيك أو السائل الناري
	التكوين الجسمي للمادة - ظهور السائل الناري - تكوين وتحول الاكلاص المعدنية - نجاح السائل الناري واسبابه - شموليته - .

الكتاب الثاني : علوم الطبيعة

387	الفصل الأول : علم الحيوان (زيولوجيا)
387	I - المعارف الزيولوجية
	موسوعة التروفالدي - مسرح الحشرات - التاريخ الطبيعي - عمل ري وويلفوني - .
394	II - التشريع الحيواني
	التشريع الميكروسكوبي .
399	الفصل الثاني : علم وظائف الأعضاء الحيوانية
	التقاش حول القدرات الانبائية - التوالد العضوي والانجاب - اكتشاف الدورات الثلاث - الحيوان الآلة - التمييز بين الحياة والفكر في الحياة - .
409	الفصل الثالث : الطب
409	I - التشريع البشري
411	II - الأنظمة الكبرى
	الطب الكيميائي - الطب الميكانيكي .
414	III - الاستطباب الطبي أو المداواة الطبية
	التشريع الباثولوجي - الأبقراطية الجديدة - مجموعات الملاحظات أو أوصاف الأمراض - علم الأمراض الوبائية - الصحة والطبابة الجماعية - الطب الأجنبي الخارجي - الطب الشرعي .
418	IV - الجراحة
	الجراحة العامة - علم القبالة أو فن التوليد .
420	V - علم الصيدلة وعلم المداواة أو فن الشفاء
	تقنيتان جديدتان .
422	VI - الحياة الطبية
423	الفصل الرابع : علم النبات

الفيزيولوجية النباتية - بنية النباتات - كامياريوس والشقية النباتية - التصنيف - النباتات - نبات بلاد ما وراء البحار - الزراعة والبستنة - تطبيق علم النبات على الطب - البساتين الزراعية - .

439 الفصل الخامس : ولادة الجيولوجيا
التركيب الديكارتي - عمل ستينون - المدرسة الانجليزية - المدرسة الألمانية - علماء التعدين - المجموعات الجيولوجية الكبرى -

452 مراجع القسم الثاني

القسم الثالث : القرن الثامن عشر

457 قرن الفضول
حدود القرن - مصادر الذوق - أصول العلم - الآداب والعلم - العلم والمجتمع - التربية العلمية - تحديث العصر - عصر أوزونا - .

الكتاب الأول : العلوم النظرية

469 الفصل الأول : ازدهار التحليل وتجديد الهندسة
I - تطور التحليل اللامتناهي الصغر
471 1 - التلامذة المباشرون عند ليبنز ونيوتن
471 بدايات الحساب الجديد فوق القارة الأوروبية - المصاعب الأولى - النزاع حول الأفضلية - جهود المحللين الإنجليز - .
476 2 - توسع التحليل وتطبيقاته
الصناع الجديد - المعادلات التفاضلية - المعادلات ذات المشتقات الجزئية - إنشاء حساب التغيرات - المفهوم العام للدلالات - المميز ونظرية الحدود - نظرية الدالات عند لاغرانج - بعض المسائل الجديدة .
482 II - تقدم المجالات الجبرية
482 1 - نظرية المعادلات
المحددات أو الحواسم - معدلات ذات درجة أعلى من 4 - انجازات مختلفة - الحل العددي للمعادلات - .
485 2 - الأعداد المعقدة وتطبيقاتها
طبيعة الأعداد المعقدة - الأعداد المعقدة والتريغونومتريا الجديدة - .
487 3 - الحسابات غير الممتدة
دراسة السلاسل - الحاصلات اللانهائية والكسور المستمرة أو المتتالية - .
489 4 - نظرية الأعداد
489 5 - الاحتمالات والاحصاءات
حساب الاحتمالات - بعض التطبيقات - عمل لابلاس - .

492	..... III - تجديد الدراسات الجيومترية
493	..... 1 - الجيومتريا الكلاسيكية
	تطور الكتب المدرسية - الفحص الانتقائي لبداية التوازيات البعد والرسم المنظوري - نهضة الجيومتريا الوصفية - إنجازات متنوعة - .
497	..... 2 - الجيومتريا التحليلية
	نظرية المنحنيات السطحية - بدايات الجيومترية التحليلية الفضائية - نشوء الجيومتريا التحليلية العصرية - .
499	..... 3 - تطبيق التحليل على الجيومتريا
	البحوث الأولى - مونيخ وتجديد الجيومتريا اللامتناهية .
503	..... الفصل الثاني : تنظيم الميكانيك الكلاسيكي
503	..... I - انتشار النيوتية
	ردة فعل أنصار نيوتن - بروز النيوتية فوق القارة .
505	..... II - الميكانيك العقلاني
	أولر وميكانيك النقطة - مبدأ دالمبير - مبدأ الفعل الأقل - أولر وميكانيك الجسم الجامد - بوسكوفيتش والفعل من بعيد - .
508	..... III - ميكانيك الموانع
	علم السوائل الثابتة عند كليو - تحريك الموانع عند برنولي - دالمبير وحركة الموانع - تحريك الموانع عند أولر - .
510	..... IV - مقاومة المادة والمعطيات التجريبية
	قوانين كولومب حول الاحتكاك - بوردا ومقاومة السوائل - ميكانيك كارنو ومفهوم الاتصال - .
512	..... V - الميكانيك التحليلي عند لاغرانج
517	..... الفصل الثالث : معرفة النظام الشمسي
518	..... I - النجاح المؤجل لقانون الجاذبية الكونية
519	..... II - معادلات علم الفلك الموقفي
	السندسيات - رصد المرتفعات - رصد المرور العابر - أدوات خط الهاجرة - الشبهات المركبة - .
521	..... III - اتجاهات الكواكب الظاهرة واتجاهاتها الوسطى
522	..... اكتشاف الزيفان - تمايل محور الأرض - الانكسار الفلكي
524	..... IV - الحركات في النظام الشمسي
	المذنبات - تحديد المدارات - جداول القمر - التسارع الزمني للقمر - مشكلة عدد الأجسام - استقرارية النظام الشمسي وأصله .
529	..... V - أحجام النظام الشمسي
	مهمة كايان - عملية 1751 - مرور الزهرة .

531	VI - شكل الأرض النظريات الأولى - القياسات الجيوديزية - خط طول باريس - درجة البيرو ودرجة لابوني - خارطة فرنسا -
534	VII - كاتالوغ النجوم كاتالوغات الدقة - احصاءات النجوم
536	VIII - علم الفلك الملاحى السكستان - الكرونومترا - رصدات القمر -

الكتاب الثاني: العلوم الفيزيائية

539	الفصل الأول : ذبوع علم البصرياا النيوتنى بناء آلات البصرياا وتقدم التقنيات فى القرن 18 - أكرمة من الشبقيات - الاكتشافات التجريبية - تأثير النظرية النيوتنية فى الدوائر الفلسفية - خصوم البصرياا النيوتنية وللمشققان مارات وغوته - النظريات النيوتنية فى الأوساط العلمية المتخصصة - التلامذة - المكملون لبصرياا قائمة على الذبنيات لأولر - مبدأ الاقتصاد الطبقى -
549	الفصل الثانى : السمعيات من القرن 16 إلى القرن 18 الأوتار المتذبذبة - الموجات الصوتية - الصوت البشرى -
555	الفصل الثالث : الحرارة فى القرن 16 حتى القرن 18 I - بدايات القياسات الحرارية الرواصد الحرارية على الهواء - موازين الحرارة الأولى ذات الوسائل - تقدم علم قياس الحرارة فى القرن 18 - تجريد الترمومتر الغازى وبدايات مفهوم الحرارة المطلقة - دراسة الخصائص التمددية فى الغازات -
561	II - نظريات الحرارة من مادة النار إلى السعريّة - رومفورد : انتاج السخونة بواسطة الحك وحفظ الطاقة - مسألة الحرارة المشعة - فكرة كمية السخونة وبدايات قياس السعريّة - التوصيلية الحرارية -
569	الفصل الرابع : الكهرباء والمغناطيسية فى القرن 18 I - غري ودولفى اكتشاف توصيل الكهرباء - الكهريّة بواسطة التأثير - اكتشاف النوعين من الكهرباء - الأبحاث اللاحقة - التلاميذ -
574	II - آلات الكهربائية وزجاجة ليد استكمال آلات الكهربائية - اكتشاف زجاجة ليد - الاكتشافات التجريبية الجديدة - النظريات المختلفة -
577	III - عمل بنجامين فرانكلين أعمال واطسون - فرانكلين : حفظ الكهرباء ، الأجسام الكهريّة إيجاباً وسلباً - الشارنى (بارا تونير) - معاصرو فرانكلين وخلفاؤه -
582	IV - قياس القوى الكهربائية والمغناطيسية وقانون لعلها

ما قدمه برستلي - جون ميشال - عمل كافنديش - أغوستين كولومب .

- 591 الفصل الخامس : نشأة الكيمياء الحديثة
- 591 I - كيمياء الغازات
- 591 I - كيمياء الغازات
- 591 1 - تقدم المعارف العامة
- 591 مهنة الكيميائي - معرفة المركبات القلوية والقلوية الترابية - اكتشاف معادن جديدة - الأسيد بوريك والفسفور .
- 594 2 - اكتشاف الغازات
- تزايد أوزان المعادن المتكلسة - نظريات بويل وهوك ومايو - استخدام الغازات ؛ مايو وهال - هل أعاق السائل الناري اكتشاف الغازات - الهواء الثابت - الهواء القابل للاشتعال - اكتشافات برستلي - الأعمال الأولى التي قام بها لافوازييه - حكاية الأوكسجين - أعمال شيل حول الهواء - تاويل خصائص الأوكسجين .
- 602 3 - تمولات النظام الكيميائي
- انطوان لوران لافوازييه - التجريبي - تكوين الأسيدات ونظرية الغازات - طيعة الماء - الجدول الكيميائي الحديث .
- 607 4 - مقاومة نظرية لافوازييه
- السائل الناري والجاذبية الأرضية - حملة لافوازييه ضد السائل الناري - المقاومة في فرنسا وفي ألمانيا .
- 610 II - البحوث حول المؤلفات ، و جدور النظرية الذرية
- 610 1 - جداول المؤلفات
- المؤلفة والغيزياء النيتوتية عند جيوفروا - كتاب المستروس - تقدم فكرة المؤلفات - الرياضيون وبوفون - برغمان .
- 615 2 - من المؤلفات إلى النظرية الذرية
- الانحراف في البحوث حول المؤلفات - قوة الأسيدات - القوانين الأولى في القياسية - اكتشافات نهاية القرن 18 - نحو نظرية دالتون .

الكتاب الثالث : علوم الطبيعة

- 623 الفصل الأول : المسائل الكبرى في البيولوجيا
- 623 I - تصنيف ووصف العالم الحي
- السابقون - عمل لينني - بوفون نجصم لينني - بوفون ووصف العالم الحيواني - الفلسفة الحيوانية عند بوفون - عمل دويتون .
- 626 II - مسألة تكوين الأنواع
- سياحة النيتوتية - الاستثناءات - ظهور تحولية جزئية - التغيرات المحدودة عند بوفون - التحولية التكاملية عند موبرتوي - تلاعيم التحولية التاملية - زونوميا اراسموس داروين .

632	III - مسألة التوالد ارث القرن 17 - اكتشاف التلقيح الذاتي - سبق التشكل عند بوني - الجزئيات المنوية عند مويرتوي - بوفون ونظرية الخلايا العضوية - ولف ويداية علم النطف الوصفي - سيالانزاي والدراسة التجريبية حول التخصيب .
638	IV - التجدد الحيواني تجارب ترميلي - النقاش حول التجدد الحيواني .
640	V - نشأة المصوخ
641	VI - الخلق المفاجيء مسألة الحيويينات - أنصار الخلق المفاجيء - أعداء الفجائية - تجربة نيدهام وانتقاده من قبل سيالانزاي
645	الفصل الثاني : الفيزيولوجيا الحيوانية
647	I - التنفس الأعمال الأولى - اكتشافات لافوازييه - مقام الحرارة الحيوانية ، أعمال سيالانزاي .
650	II - الهضم النظريات المختلفة - تجارب ريومور - ما قدمه سيالانزاي .
653	III - الدورة الدموية القياسات الأولى - توازن الدم في الأوردة - المكملون أو التابعون - .
655	IV - التقلص العضلي نظريات القرن 17 - تأثير العلم النيوتني - نظريات بورهاف وهوفمان - احيائية متاهل ومنشوها - هالر ونظرية اللانارة - البحوث اللاحقة حول التقلص العضلي -
662	V - وظائف العصب والجهاز العصبي الضربات المختلفة للحركة الأوتوماتيكية - تحديد مكان الحس المشترك وتشكل فكرة الحركة الانعكاسية - روبريت . تصوره لوظائف الحبل الشوكي - انتقاد أونزر - تركيب بروشاسكا - ولادة الفيزيولوجيا الكهربائية - .
669	VI - الغدد وإفرازاتها
671	VII - نظرة إجمالية حول فيزيولوجية القرن الثامن عشر
673	الفصل الثالث : الطب
673	I - ما قدمه التشريح التشريح الماكروسكوبي (النوعي) والمجهري - التشريح المرضي .
675	II - الأنظمة الطبية نظام بورهاف - أسلوب هوفمان أو نظامه - الإثارة والعقائد التي تنبثق عنها - الاحيائية - الحيوية - علاج البداء بالداء - .
684	III - تقدم الطب العملي الطب الأبقراطي - علم دلالات الأعراض - التعليم العيادي - الباثولوجيا وعلم الأوبئة - الألقاح والفاكسين أو

	التفحيج بجدرى البقر - بدايات الطبابة الكهربائية - الحركة المسميرية - البتولوجيا الأجنبية - الطب النفساني العصبي - علم الصحة - الطب الشرعي .
689	IV - الجراحة الجراحة العامة - التخصصات - فن التوليد .
693	V - الصيدلانية
694	VI - الحركة الطبية
695	الفصل الرابع : الزوولوجيا أو علم الحيوان
695	I - وسائل الدوس تقنيات المراقبة - المجموعات وصلات التاريخ الطبي - رحلات علماء الطبيعة .
697	II - المفاهيم الجديدة في علم الحيوان المنهجية أو التنظيم - الجغرافيا الزولوجية . .
699	III - جدولة الحيوانات التاريخ الطبي ، بوفون - كوتري (مجوفات البطن) - الدود - الدورات والمكورات - الحزازيات وعضديات الأرجل - الرخويات - الحشرات - الفقريات - الإنسان . .
705	الفصل الخامس : علم النبات
707	I - علم المنهجية لبني والتصنيف العائد إليه - جوسيو وأدانسون والتصنيف الطبيعي - أعمال أخرى - النباتات - علم اللازهريات . .
714	II - أناتوميا وفيزيولوجيا النباتات الشريح النباتي - الأعمال الأولى حول الأخصاب - هالس - تبادل الغازات - حركات النباتات - الكب العامة .
718	III - علم النبات التطبيقي أغبروتوميا - علم النبات الطبي - البساتين النباتية . .
720	VI - النباتات الجديدة على أوروبا الاكتشافات النباتية - البعثات الكبرى .
725	الفصل السادس : علوم الأرض
725	I - الجيولوجيا المدرسة الإيطالية - المدرسة الألمانية - ورنر والنبوتونية - المدرسة البريطانية - هوتون والبلوتونية - عمل بوفون - دولوميو - جيرو - مولافي . .
737	II - ما قبل التاريخ الانتوغرافيا المقارنة - عصر المعالقة . .

738	III - علم أشباه المعادن جوست هاوي - دراسة أشباه المعادن بالميكروسكوب
742	مراجع القسم الثالث
	القسم الرابع : العلوم خارج أوروبا
749	الفصل الأول : العلوم في الشرق الأقصى من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر ...
749	I - الصين التقديم اليسوعي إلى الصين في القرن السابع عشر والثامن عشر - حدود هذا التقديم - انتشار التقديمات العلمية اليسوعية في الصين - غضة العلم التقليدي - العوامل الداخلية التجميدية -
757	II - اليابان العلم الوطني - الاتصالات بالعلم الغربي - رنغاكو أو المعرفة الهولندية في اليابان - التوازي مع الصين -
753	مراجع الفصل الأول
765	الفصل الثاني : العلم الهندي في القرن الخامس عشر إلى القرن الثامن عشر
766	I - الرياضيات وعلم الفلك التأثيرات الأجنبية - الإهتمام بعلم الفلك الهندي في القرن 18
767	II - الكيمياء والطب انتشار العلم الهندي .
771	الفصل الثالث : العلوم في أميركا المستعمرة
771	I - الاطار التاريخي أميركا الأسبانية - البرازيل البرتغالية - الاستعمار الفرنسي في أميركا - الاستعمار الانجليزي .
777	II - أميركا الأسبانية شروط الحياة الفكرية - الرياضيات - علم التعدين والكيمياء - الطب - علم النبات -
783	III - البرازيل البرتغالية
785	IV - أميركا الفرنسية
788	V - أميركا الشمالية البريطانية الأوصاف الأولى للحيوان والنبات - إنجازات علماء النبات الأميركيين - الطب - علم الفلك - تنظيم التعليم العلمي - الجمعيات العلمية الأولى - بنجامين فرانكلين ، أهمية إنتاجه العلمي -
799	مراجع الفصل الثالث
801	فهرست الأعلام
861	فهرست الصور
863	الفهرس العام

هذه الموسوعة

ساهم في تأليف هذه الموسوعة أكثر من
مئة عالم وباحث بإشراف البروفسور الكبير
رينيه تاتون ، المدير العلمي للمركز الوطني
للبحث العلمي في فرنسا .

وهي من أربعة مجلدات :

المجلد الأول :

العلم القديم والوسيط

من البدايات حتى سنة 1450 م .

المجلد الثاني :

العلم الحديث

من سنة 1450 إلى 1800 .

المجلد الثالث :

العلم المعاصر

القرن التاسع عشر

المجلد الرابع :

العلم المعاصر

القرن العشرون .

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع

